

ЗАСТОСУВАННЯ МІЖНАРОДНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ПЛЕІВ ДЛЯ УМОВ УКРАЇНИ

Ганна Лівенцева

Ph. D. in Geology, Contract Researcher

Geosciences Barcelona (GEO3BCN-CSIC) Institute, Barcelona, Spain,

hliventseva@geo3bcn.csic.es

Анастасія Барило

науковий співробітник

Геотермальний відділ, ІБЕ НАН України, abarilo@ukr.net

Головною проблемою геотермальної енергетики залишається слабка готовність ресурсної бази. Україна має величезний масив необроблених даних, але ця інформація не систематизована і не доведена до зручного вигляду. Систематизація даних має здійснюватися на основі класифікацій, адаптованих до зарубіжних аналогів, стандартизації термінології та визначення спеціалізованих понять.

Ключові слова: геотермальні плеї, геотермальні ресурси, конвекція, кондукція

APPLICATION OF THE INTERNATIONAL CLASSIFICATION OF GEOTHERMAL PLAYS FOR THE CONDITIONS OF UKRAINE

Hanna Liventseva

Ph. D. in Geology, Contract Researcher

Geosciences Barcelona (GEO3BCN-CSIC) Institute, Barcelona, Spain,

hliventseva@geo3bcn.csic.es

Anastasia Barylo

Researcher

Geothermal Energy Department, Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, abarilo@ukr.net

The main problem of geothermal energy remains the weak preparedness of the resource base. Ukraine has a huge array of raw data, but this information is not systematized and not brought to a user-friendly form. Systematization of data should be carried out on the basis of classifications adapted to foreign analogues, standardization of terminology and definition of specialized concepts.

Key words: geothermal plays, geothermal resources, convection, conduction

Комплексна багатопараметрична класифікація, розроблена І. Моек базується на геологічному контролі та тепловому режимі геотермального об'єкта. Ця класифікація поділяє геотермальні утворення на основі способів теплопередачі на конвективні (CV) і кондуктивні (CD) типи. Перевага класифікації полягає в зручності систематизації інформації у вигляді геотермальних каталогів, а також можливості поповнення каталогів даними, отриманими на наступних етапах геотермічних досліджень. Класифікація геотермальних ресурсів на основі типів геотермальних плеїв, застосована до первинних геологічних структур України, дала можливість районувати

територію за геотермічними умовами. Визначено та описано п'ять перспективних об'єктів в Україні, кожному з яких присвоєно відповідний індекс Моек. Автори ввели нові підтипи з урахуванням геотермальних характеристик України. Наступний етап передбачає зонування на основі структур нижчого порядку, кількісну оцінку їхніх геотермальних запасів і вибір перспективних місць для комерційних підприємств, спрямованих на створення систем геотермальної енергії.

Таблиця 1

Типи геотермальних плів за І. Моек, 2013 [1]

Тип плею			Геологічне середовище	Джерело тепла	Домінуючий механізм транспортування тепла
Конвективний тип теплопередачі CV (перенесення тепла в рідинах, газах або сипких середовищах потоками самої речовини)	CV1 Магматичний	CV-1a Екструзія (вулканічне виверження в'язкої лави)	Магматичні дуги, серединно океанічні хребти, гарячі точки	Активний вулканізм, неглибокі магматичні осередки	Магматично-гідротермальна циркуляція
		CV-1b Інтрुзія (проникнення магми в товщу земної кори)	Магматичні дуги, серединно океанічні хребти, гарячі точки	Активний вулканізм, неглибокі магматичні осередки	Магматично-гідротермальна циркуляція, тектонічне контролювання
	CV-2 Плутонічний	CV-2a Нещодавній або активний вулканізм	Конвергентні межі (сходження літосферних плит) з недавнім плутонізмом (менше 3 млн. років) Молодий орогенез, посторогенна фаза	Молоді інтрузії + кислий плутон	Магматично-гідротермальна циркуляція, тектонічне контролювання
		CV-2b Неактивний вулканізм	Конвергентні межі з недавнім плутонізмом (менше 3 млн. років)? Молодий орогенез, посторогенна фаза	Молоді інтрузії + кислий плутон, елемент, що виділяє тепло в породі	Гідротермальна циркуляція, тектонічне контролювання
	CV-3 Область розтягування		Метаморфічні комплекси ядра, задуговий басейн, міжконтинентальні рифти	Утончена кора+підвищений тепловідтік, недавні області розтягування	Тектонічне контролювання, гідротермальна циркуляція
Кондуктивний тип теплопередачі CD (пряма передача тепла від теплішого тіла до холоднішого за відсутності їх переміщення)	CD-1 Внутрішньократонний басейн		Внутрішньократонні/рифтові басейни, пасивні окраїни басейну	Утончена літосфера та осідання	Літо/біофациальне контролювання
	CD-2 Орогенний пояс		Передовий басейн у складчастих і насувних поясах	Корове навантаження та опускання, що прилягає до потовщеної кори	Тектонічне/розломне контролювання, літо-біофациальне контролювання
	CD-3 Кристалічний фундамент		Інтрузія в рівнинну місцевість	Елемент, що виділяє тепло в породі, гаряча інтрузивна порода	Гаряча суха порода, тектонічне/розломне контролювання

За класифікацією геотермальних плів І.Моек авторами визначено типи найважливіших геологічних структур України за їх геотермічними умовами.

Ключові фактори: місце об'єкта в системі тектонічних плит, стадія тектогенезу, структурні та геологічні особливості, літологія, гідрогеологічні та геотермічні умови, переважаючий тип теплообміну, тепловий баланс, джерело тепла, магматичні та вулканічні процеси та вплив соляної тектоніки.

Результати визначення типів геотермальних плеї для основних структур України наведено в Табл. 2.

Таблиця 2

Визначення структур України за класифікацією І. Моек [2-5]

Назва структури (аббревіатура)	Індекс	Тип теплопередачі	а. Геодинамічна обстановка; б. Геологічний контроль; с. Глибина залягання фундаменту	а. Джерело тепла; б. Умови зберігання та споживання тепла	Температура, °C на глибині			Тепловий потік, mW/m ²	Гідрогеологічні умови	Наявність покладів вуглеводнів; Ступінь вироблення, %.	Оцінка наявних ресурсів, tce*/m ²
					3 км	5 км	10 км				
1	2	3	4	5	6			7	8	9	10
Закарпатський прогин (TD)	CD-2	Кондуктивний	а. Внутрішній прогин орогенного типу, перекритий молодією пізньоальпійською структурою; б. Тектонічні порушення, ефузивний та інтрузивний вулканізм, складчастість, літологічний контроль; в. 0,5-5 км	Високий тепловідтік за рахунок розрідження; Висхідна конвекція тепла рідинами вздовж розломів; б. Осадочний чохол містить потужні товщі глинистих порід, які сприяють збереженню тепла; Сольові діапіри – теплообмінні канали	100-200	160-265	300-500	77-133	Артезіанський басейн; Водоносні горизонти необмежені за протяжністю та ізолювані; Збагачення води зазвичай низьке; Загальна область живлення – КСС, висхідна фільтрація флюїдів по розломах	Невеликі родовища нафти; Поклади газу важковидобувні, прилеглі до брахі-антикліналей	2,44; Частково використовується в бальнеології та рекреації
Передкарпатський Прогин (PD)	CD-2	Кондуктивний	а. Передгірний орогенний прогин, молода пізньоальпійська (ранньонеогенова) структура; б. Великі тектонічні порушення, насуди (внутрішня зона прогину насунута на зовнішню), скиди; Складчастість, літологічний контроль; с. 1,5-4,5 км	а. Досить високий тепловий потік через близькість до Карпатського орогену; б. Потужний осадочний чохол, що складається переважно з глинистих порід із спорадичними ізолюваними водоносними горизонтами всередині нього; Насув створює сприятливі умови для збереження тепла	65-120	110-170	150-300	32-80	Артезіанський басейн; Водоносні горизонти необмежені та ізолюваними; Збагачення води зазвичай низьке; Загальна зона живлення – ССП; Локальна висхідна фільтрація флюїдів уздовж розломів	У зовнішній частині зосереджені родовища газу, у внутрішній — нафти; близько 90	2,34

Дніпровсько-Донецька Западина (DDD)	CD-1	Кондуктивний	а. Інтракратонний рифт, замкнутий внутрішньоплатформеним авлакогеном, з потужною товщею мезозойсько-кайнозойських відкладів; б. Розломно-блокова тектоніка, галокінез, складчастість, літологічний контроль; с. 0,5- 22,5 км	а. Тепловий потік середній, але значні потужності осадових порід. Домінує кондукція; в крайових глибинних розломах структури домінує конвекція. б. Соляний діапїризм (теплообмінні канали і потоки між водоносними горизонтами)	60-100	90-130	150-250	31-66	Великий артезіанський басейн; Система потужних, протяжних водоносних горизонтів і комплексів, Система регіональних водотоків; Високе збагачення водою; Загальна зона живлення – СЄП	ДДЗ є основним нафтогазовидобувним регіоном України; в середньому - 56%	2,18
Донецька Складчаста Споруда (DFS)	CD-1	Кондуктивний	а. Девонський авлакоген, що залягав на добайкальському фундаменті і зазнав деформації у пізньому герцинському періоді; б. Глибинні розломи, диз'юнктиви, флексури, великі складки, ускладнені серією менших складок, літологічний контроль; с. 7-22 км	а. Потужний осадовий чохол. Максимальні теплові потоки приурочені до зон, розташованих в осадових товщах над розломами фундаменту; б. Висока теплопровідність соляних діапїрів зумовлює локальні позитивні термічні аномалії порід покрівлі	70-140	110-220	200-400	27-133	Гідрогеологічний масив пластово-тріщинних і тріщинно-жильних вод і численні артезіанські мульчі; Невідповідність водоносних горизонтів за площею і розрізом; Збагачення води дуже різноманітне, іноді дуже високе; Загальна зона живлення – крайові частини споруди; міграція вздовж розломів	Метан вугільних пластів	2,22
Причорноморська Западина (BSD)	CD-2	Кондуктивний	а. Зона субдукції, мезозойсько-кайнозойська епіконтинентальна улоговина, на яку накладається молода крейдова структура; б. Глибинні розломи, прогини, розломи різної амплітуди, довжини та віку, структурні виступи, западини та локальні підняття; с. 0-5 км	а. У північній частині тепловий потік середній через значне опускання земної кори внаслідок навантаження продуктами ерозії; у південній частині тепловий потік високий, пов'язаний із субдукцією; б. Потужний осадовий чохол із природною втратою тепла від нагрітих шарів до менш нагрітих	70-140	110-220	200-400	38-92	Артезіанський басейн; Нестійкий розподіл водоносних і водотривких горизонтів; Ізольовані водоносні горизонти; Зазвичай високий ступінь водозбагачення; Загальний район живлення – південна частина СЄП та Кримський хребет	Один з найбільших нафтогазових регіонів світу	2,25; Частково використовується в бальнеології та рекреації

Виходячи з характеристик структур України, описаних в Табл 2. за класифікацією геотермальних плей, автори визначили підтипи основних геотермальних плей для України, які наведені в Табл. 3 та зображені на Рис. 1.

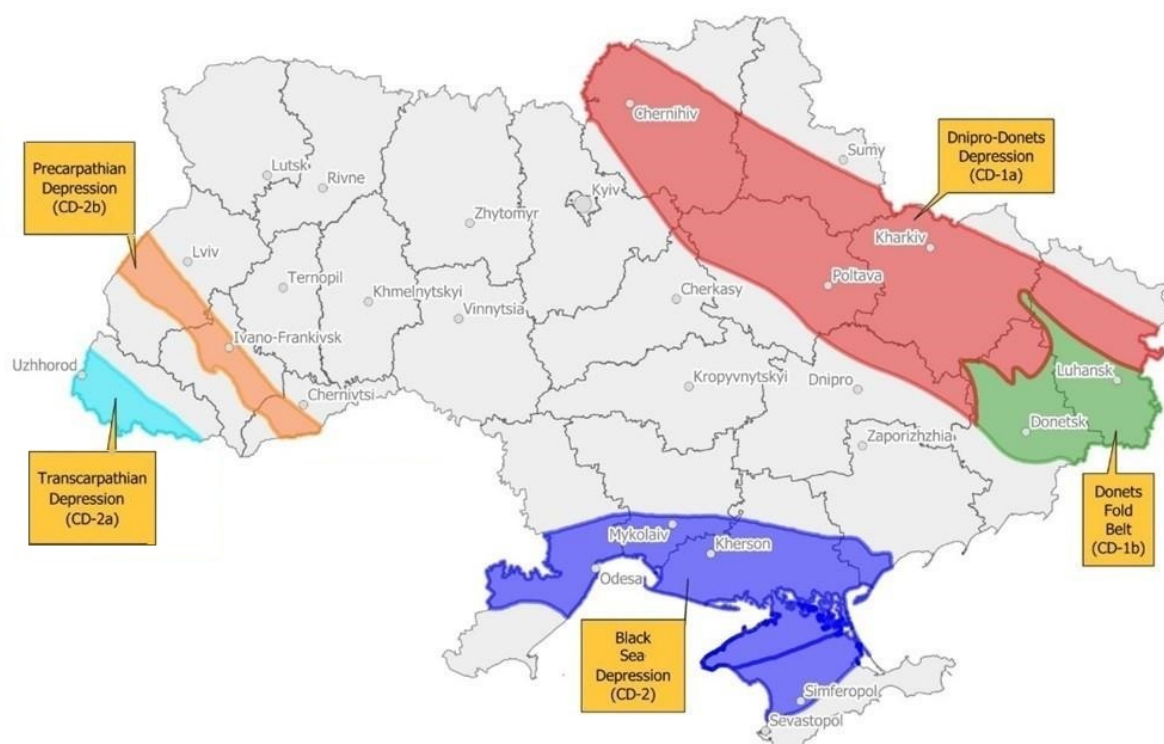


Рисунок 1. Районування території України за типами геотермальних плів

Таблиця 3

Підтипи кондуктивних геотермальних плів України

Структура	Тип		Геодинамічне середовище Джерело тепла	Умови збереження та транспортування тепла
Дніпровського-Донецька Западина (DDD)	CD-1a	Авлакоген	Розтягнення і потоншення земної кори, підйом астеносфери, древній магматизм; потужний осадовий чохол	Велика глибина залягання водоносних шарів; Літологічно-фаціальний контроль; Тріщинний контроль Сольові діапіри – теплообмінні канали
Донецька Складчаста Споруда (DFB)	CD-1b	Складчаста структура на основі рифту	Витончення земної кори через розтягування, древній магматизм; Конвергентна складчатість	Літологічно-фаціальний контроль; Вихід давніх порід на поверхню завдяки складчастості
Закарпатський Прогин (TD)	CD-2a	Орогенний пояс Неогеновий магматизм	Потоншення земної кори; Підняття астеносфери; Новітній вулканізм, магматизм; Активні розломи	Осадовий чохол містить потужні шари глинистих порід, які сприяють збереженню тепла; Соляні діапіри є теплообмінними каналами; Активні розломи
Передкарпатський прогин (PD)	CD-2b	Орогенний пояс Відсутність магматизму, Насуви	Потоншення земної кори за рахунок просування КСС та осадонакопичення; Активні розломи	Осадовий чохол містить потужні шари глинистих порід, які сприяють збереженню тепла; Насуви

REFERENCES

- 1- Nador, Part II – Introduction to deep geothermal energy: play types, potential estimation methods, geothermal modelling, classification of resources/reserves. Basic concepts of deep geothermal energy., 2017. https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/09/1f53379454bd1499fbb2907ac041878adbefadd5.pdf.

- 2- Moeck I.S. A new 'geothermal play type' catalog: Streamlining exploration decision making, in: Proceedings, Thirty-Ninth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California, 2014.
<https://pangea.stanford.edu/ERE/pdf/IGAstandard/SGW/2014/Moeck.pdf>.
- 3- Moeck I.S. Catalog of geothermal play types based on geologic controls. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 37. 2014. 867–882. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.032>.
- 4- Moeck I.S., Bendall B., Minnig C., Manzella A., Yasukawa K., Geothermal Play Typing – Current Development and Future Trends of a Modern Concept for Geothermal Resources Assessment, in: *Proceedings World Geothermal Congress 2020*, Reykjavik, Iceland, 2020.
- 5- Liventseva H. Barylo A. Classification of geothermal resources based on the geothermal play types and its application to the conditions of Ukraine <https://www.academia.edu/124973981/>