

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Іванової А.В. «Генезис і еволюція солоного вугілля України та проблеми його освоєння», подану на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук за спеціальністю 04.00.01 – загальна та регіональна геологія

В роботі викладено результати багаторічних та всесторонніх досліджень різновікових вугленосних товщ України та світу, розроблена та обґрунтована концепція седиментодіагенетичного засолонення вугілля. Може здаватися, що сучасні тенденції щодо поступового зменшення долі вугілля у загальносвітовому енергетичному балансі, зменшують інтерес до його вивчення. Однак, на нашу думку, вугілля завжди буде цікавити людство як унікальне утворення минулих геологічних епох, а використання його з мінімальною шкодою для довкілля є тільки питанням технологій. Для підтвердження цього достатньо згадати давно розроблені способи підземної гідроґенізації вугілля з метою отримання синтетичного моторного палива. Подібні та інші технології використання вугілля постійно вдосконалюються, а це не може відбуватись без ретельного вивчення особливостей кожного вугільного басейну, з'ясування походження, складу, технічних властивостей вугілля кожного родовища та покладу. Такі дослідження виконуються з того часу, коли вугілля стали видобувати у промислових масштабах. Разом з тим, поза увагою вчених-вугільників залишалось так зване солоне вугілля, очевидно через його негативний вплив на технологічне обладнання при спалюванні. Отже, актуальність теми дисертації обумовлена необхідністю глибокого і всебічного вивчення солоного вугілля України, що є необхідним підґрунтям для розробки нових технологій по його використанню.

Структура та зміст дисертації логічно побудовані і відповідають чинним вимогам. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, трьох текстових додатків та списку літератури.

Вступ містить всі необхідні частини, включаючи обґрунтування актуальності проблеми, інформацію щодо зв'язку виконаних досліджень з науковими темами Відділу геології вугільних родовищ ІГН НАН України, де виконана робота, а також визначення мети, означення об'єкта та предмета досліджень, характеристику методики досліджень, виклад пунктів наукової новизни, опис практичного значення отриманих результатів, інформацію щодо публікацій та апробації результатів досліджень, а також всі інші необхідні дані.

У розділі 1 «Основні етапи розвитку наукової думки при вивченні геологічної будови родовищ і властивостей солоного вугілля» наведена загальна характеристика басейнів, що містять солоне вугілля та розташовані в Австралії, США, Великобританії, Німеччині, Польщі, Чехії, Болгарії, Австрії, Іспанії, РФ, Казахстані, Узбекистані, Україні, Китаї, Канаді, Японії та Південній Африці. Розділ складено на основі ретельної проробки



численних опублікованих даних, серед яких фундаментальне 12-ти томне узагальнення «Геология месторождений угля и горючих сланцев СССР», 1968, а також міжнародна база даних The World Coal Quality Inventory (WoCQI), 2010. Наприкінці розділу автор справедливо звертає увагу на неповноту проаналізованої інформації, що обумовлено рядом технічних причин. Вказується на неоднозначні погляди, що висловлювались різними дослідниками щодо походження соленого вугілля, серед яких: вплив морських вод, руйнування соленосних відкладів і перевідкладення солі, вулканічна та поствулканічна діяльність, вивітрювання багатих лужними металами магматичних порід, вплив підземних вод тощо.

Принципово важливою є виявлена закономірність щодо знаходження натрію у бурому вугіллі у формі гуматів, вміст яких, як і вміст натрію та хлору в цілому, зменшується з ростом катагенетичних перетворень та ступеня вуглефікації.

У розділі 2 «Геотектонічні й геотермальні умови формування вугленосних формацій» розглядаються геологічна будова, геотектонічні умови, геотермічні обстановки, характер торфонакопичення та умови формування вугілля Доно-Дніпровського прогину (ДДП), Львівського палеозойського прогину та Переддобруджинського палеозойського прогину, а також буровугільних родовищ кайнозою (Дністровсько-Прутське межиріччя, Закарпаття, Дніпровський басейн). На наш погляд, пункти «Геотектонічні умови» та «Геоструктурне положення...» означають близькі поняття і тому не варто було їх розмішувати у заголовках суміжних пунктів. Адже очевидно, що сучасне геоструктурне положення басейнів і його тектоніка є результатом геотектонічного розвитку. До того ж для характеристики Доно-Дніпровського прогину (Підрозділ 2.1) автор чомусь обмежилась лише пунктом «Геотектонічні умови».

Розділ супроводжується детальною та всебічною характеристикою вугленосності, мікрокомпонентного складу, ілюструється численними мікрофотографіями зразків вугілля, таблицями хіміко-технологічних характеристик вугілля, картами катагенетичних перетворень.

Окремі пункти підрозділу «Доно-Дніпровський прогин» присвячені солоному вугіллю Західного Донбасу (Петриківське і Новомосковське родовища) та Північного Донбасу (Богданівське і Петровське родовища Старобільської площі). Вміст  $\text{Na}_2\text{O}$  у вугіллі ілюструється схематичними картами. Наводиться гідрогеологічна характеристика вугленосних товщ. На підставі вивчення залишкових пластових розсолів, включаючи ізотопні дослідження, незважаючи на наявність у розрізі девонської соленосної товщі, зроблено висновок про те, що основним джерелом засолонення кам'яновугільних торфовищ була морська вода.

За даними автора вугілля Складчастого Донбасу внаслідок інтенсивних тектонічних рухів (інверсії), метаморфізму та зміни гідрогеологічного режиму було знесолене. Частина солей, що вивільнилися внаслідок цього, могла поповнити пермський евапоритовий басейн. На підставі цього



допускається, що інверсія Донбасу передуює накопиченню соленосних відкладів нижньої пермі, а отже відповідає уральській фазі герцинського тектогенезу (рубіж карбону і пермі).

Висновок автора щодо віднесення Доно-Дніпровського прогину до басейнів з нормальною геотермією, який базується на вивченні відбивальної здатності вітриніту, цілком обґрунтований. Разом з тим, палеогеотермічна незгідність, яка зафіксована автором на межі раннього і середнього карбону у свердловині СГ-9 (Жданівська депресія, ДДЗ), через свою локальність не може пов'язуватись з судетською фазою складчастості, і вірогідніше обумовлена високоамплітудним переміщенням блоків.

Розташовуючись у межах південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи, Львівський та Переддобруджинський палеозойський прогини схожі за своїм тектонічним положенням і геологічною будовою. Схожими є також вік та умови тофоутворення. Для визначення умов формування вугленосних товщ карбону застосовано значення коефіцієнта Лейфмана-Вассоевича, які для Львівського та Переддобруджинського прогинів, як і для ДДП, очікувано підтверджують умови паралічних басейнів.

За співвідношеннями коефіцієнтів геліфікації (GI) та збереженості структурних тканин (TRI) встановлено ландшафто-палеогеографічні умови торфоутворення для різних етапів розвитку Львівського басейну, а за комплексом даних зроблено висновок про те, що засолення вугілля Львівського прогину відбувалось на стадії седиментодіагенезу; джерелом засолення вугілля були морські води.

Схожі умови торфоутворення реконструйовані і для території Переддобруджинського прогину, але за палеогеотермічними умовами цей басейн віднесено до гіпертермічних. Показано, що верхня частина вугленосної товщі (1,2-1,7 км) тут була розмита в результаті інтенсивних тектонічних рухів у складчастій системі Добруджа.

Для бурого вугілля кайнозою встановлені різні джерела засолення. Якщо вугілля Дніпровського басейну і Дністровсько-Прутського межиріччя засолювалось під дією морської води, то у родовищі Закарпаття, на думку автора, це пов'язано з вулканізмом, що підтверджується наявністю у вугіллі підвищеного вмісту ряду рідкісних та розсіяних елементів. Щоправда, при цьому не висвітлено співвідношення левантинських вугленосних відкладів з тортонськими соленосними, що залягають нижче, та, як відомо, поширені у Солотвинській западині.

У розділі 3 розглядаються умови формування солоного вугілля та геолого-генетичні фактори засолення. Розглянуто дві концепції — епігенетичну та седиментодіагенетичну. Автор виключає суттєвий вплив на засолення підземних вод, вказуючи на різні сучасні гідрогеологічні умови розміщення пластів солоного вугілля. Так само незначний вклад в надходження натрію вносить і торфоутворююча рослинність, оскільки більшість водорозчинних солей майже повністю виносяться з торф'яників.



Виходячи з цього, автор робить висновок щодо зовнішніх джерел засолонення, серед яких найбільш важливим є морська вода. За опублікованими джерелами наведено докази впливу морської води на засолонення сучасних прибережних торфовищ, теоретичні та експериментальні дані, що це підтверджують. Вплив палеогеографічних умов на виникнення солоного вугілля ілюструється на прикладі Жданівської депресії ДДЗ.

Для оцінки ступеня хімічного впливу морських вод на торфовища застосовано коефіцієнт Вернера (співвідношення кальцію і магнію в золі вугілля), а також вміст бору і відношення бору і галію, ванадію і циркону, величини  $Ph$  та  $Eh$  для різних пластів вугілля Західного Донбасу.

З метою оцінки залежності вмісту  $Na_2O$  вугілля від геологічних параметрів, що мають кількісний вираз (широта, довгота, глибина, коефіцієнт Вернера, вміст вітриніту та його відбивальна здатність), для Західного Донбасу автором виведено емпіричне рівняння, яке описує вплив фактора метаморфізму на ступінь засолонення вугілля.

Петрохімічні фактори свідчать про ранньодіагенетичне походження натрію у вугіллі. На підтвердження цього наводиться ряд залежностей, що відображені графіками та таблицями, які зокрема показують лонгнормальний розподіл зольності, вмісту натрію, хлору і сірки. Зворотна залежність вмісту натрію від зольності вказує на його зв'язок з органічною речовиною, у першу чергу з вітринітом.

З позицій седиментодіагенетичного засолонення вугілля розглянуто питання форм залежності натрію від органічної речовини на різних стадіях вуглефікації. Зокрема показано, що зростання ступеня вуглефікації призводить до його часткового або майже повного знесолювання.

У розділі 4 «Роль постдіагенетичних процесів в еволюції солоного вугілля» показано, що знесолювання вугілля залежить від тектонічного режиму території. Останній впливає на ступінь метаморфізму, пористість і тріщинуватість, проникність і молекулярно-ситові властивості вугілля. У процесі метаморфізму відбувається втрата натрію в хлоридній і гуматній формах. Разом з тим хлорид натрію повністю не зникає з вугілля. Навіть при досягненні антрацитової стадії втрати натрію в хлоридній формі становлять 90%. Втрати натрію при метаморфізмі підтверджені зворотною кореляційною залежністю вмісту  $Na_2O$  з відбивною здатністю вітриніту, встановленою автором при аналізі пластів вугілля Західного Донбасу. Також виявлено схожий зворотний зв'язок вмісту натрію і глибини залягання пласта  $c_1$ .

Разом з тим, на с. 231 вказано, що ця закономірність порушується на ряді зарубіжних родовищ, де спостерігається збільшення концентрації хлору із збільшенням ступеня вуглефікації. Автор пояснює такі відхилення тим, що аналізувались зразки вугілля з різних континентів, умови знаходження яких порівнювати некоректно. У цьому зв'язку не може не виникнути питання



щодо характеристики цих умов, які повністю змінюють висновок автора щодо впливу метаморфізму на вміст солей у вугіллі.

Знесолювання вугілля Донбасу під дією метаморфізму і розмив вугленосної товщі (за різними оцінками масштаби розмиву становлять від 3 до 11 км, а за даними автора від 3,3 до 6,3 км) призвело до вивільнення гігантський обсягів солі. За оцінками, наведеними в роботі, кількість солі, що вивільнилась, сягає цифри - 2 трлн т. Ця сіль могла поповнювати пермський евапоритовий басейн, прискорюючи його засолонення. На знесолювання вугілля міг впливати режим підземних вод. При застійному режимі солоність зберігалась, при активному водообміні відбувалось знесолення вугілля, що показано на прикладі Павлоградсько-Петропавлівського району.

У розділі 5 «Проблеми й перспективи освоєння солоного вугілля» розглядаються різноманітні ускладнення, що виникають при освоєнні солоного вугілля, запобігання яким можливе у двох напрямках: розробка технологій використання вугілля без попереднього знесолення та розробка технологій його знесолення і доведення до необхідних стандартів. Наводяться параметри, які застосовуються для класифікації вугілля за вмістом натрію, акцентується увага на їх неоднозначному розумінні різними авторами, а також критичні висловлювання деяких авторів щодо власне терміну «солоне вугілля». Виходячи із оцінок негативного впливу спалювання солоного вугілля на технологічне обладнання, автор вважає найоб'єктивнішим критерієм солоності вугілля співвідношення  $K^+/Na^+$ , що менше за 1 та відображає кількість натрію, що переходить у газову фазу при зольності вугілля 25% і температурі 750-850°C.

Автором детально описані численні спроби використання солоного вугілля, які обмежені поки що тільки лабораторними та полігонними дослідженнями. Жодне з запропонованих рішень поки що не впроваджено у промисловість через економічну нерентабельність та екологічні наслідки. Однак роботи у цьому напрямі продовжуються.

Робота завершується висновками, де підведено підсумки проведених наукових досліджень, викладено зміст найважливіші наукових та практичних результатів.

Дисертація містить 3 текстових додатки, у яких представлені об'ємні таблиці, що стосуються характеристики якості вугілля з підвищеними значеннями вмісту Na і Cl родовищ світу (додаток А.1) та України (додаток А.2), а також дані щодо мікрокомпонентного складу бурого вугілля пласта II шахти 33 Ільницького родовища у перерахунку на органічну речовину (додаток А.3). Текстові додатки дають можливість ознайомитись з фактичним матеріалом, який логічно доповнює текстову частину та підтверджує наукові висновки автора.

Список літератури включає 412 опублікованих джерел, близько чверті з яких зарубіжні. Він складений у відповідності з чинним ДСТУ та є адекватним тексту дисертації. Посилання на використану літературу у тексті дисертації у розміщені у квадратних дужках, як це і передбачено вимогами



до оформлення дисертацій, але замість порядкових номерів джерел у списку літератури, у дужках розміщено прізвище автора (авторів) та рік публікації.

Текст дисертації написаний російською мовою, при цьому україномовний автореферат повністю відображає основні положення роботи, хоча автору не вдалось уникнути некоректного перекладу деяких термінів з російської мови (термін «свод» має перекладатись як «склепіння», а не «звод», с. 11 автореферату).

Основні результати дисертації повно викладені в 69 наукових працях, в тому числі 24 у фахових виданнях, з яких 5 містяться в міжнародних наукометричних базах, а також апробовано на численних наукових конференціях.

Достовірність отриманих наукових результатів, отриманих автором, підтверджується великим фактичним матеріалом, опрацьованим та проаналізованим в одному ключі. Разом з тим, деякі висновки та твердження автора, що стосуються генезису солоного вугілля окремих басейнів, а також прив'язки змін характеру седиментації до фаз герцинського циклу, на наш погляд, недостатньо обґрунтовані.

1. На с. 41, з посиланням на відомий підручник Є.М. Лазька (1975), автор припускає, що збагачення натрієм і калієм вугілля Кансько-Ачинського басейну могло відбуватись за рахунок продуктів магматичної діяльності, яка активно проявлялась на Сибірській платформі у юрський період. Це викликає заперечення, адже відомо те, що спалах магматичної активності на Сибірській платформі приходить на тріас, а магматична активізація ранньоярської епохи проявлена лише на південному сході платформи (Алдано-Становий щит). Водночас, у цій частині Сибірської платформи, де розміщується ряд великих юрсько-крейдових вугільних басейнів (Вілюйський, Іркутський, Південноякутський), солоне вугілля не виявлено.

2. На с. 64 автор наводить ознаки зв'язку темпів седиментації і інтенсивності з вуглеонакопичення з активізацією прогину Донбасу внаслідок судетської фази складчастості. Нам здається це не настільки однозначним. Так, за нашими даними, найважливішим рубежем у розвитку Донецького басейну (і Доно-Дніпровського прогину в цілому) є кінець візейського віку (початок межівського часу, світа Vg), коли різко зросли темпи занурення, внаслідок чого басейн з карбонатною седиментацією перетворився на паралічний. Судетська ж фаза (рубіж раннього і середнього карбону, або міссісіпію і пенсильванію), на якій акцентує увагу автор, хоч і проявилась глобально, але не змінила паралічний характер басейну Доно-Дніпровського прогину, вуглеутворення у межах якого почалося ще наприкінці візе та продовжувалось у серпуховському віці і середньокам'яновугільну епоху (див. рис. 2.6).

3. Так само, розглядати астурійську фазу (рубіж середнього і пізнього карбону) як причину зміни умов седиментації, що також вплинула на масштаби вуглеутворення, з нашої точки зору, неправомірно. Адже відомо, що формування вугленосних товщ з початку пізнього карбону було



загальмоване поступовою аридизацією клімату, що досягла максимуму у ранній пермі та чітко фіксується у розрізах Відкритого Донбасу за появою спочатку прошарків червоноколірних порід, а згодом і евапоритів.

4. Прив'язка початку солеутворення в ДДП до уральської фази герцинського оргогенезу, на наш погляд, також є сумнівною; формування евапоритів швидше пов'язане з аридизацією клімату на території Східної Європи, що підтверджується розвитком ранньопермського солеутворення у віддалених один від одного басейнах.

5. Відсутність солоного вугілля у візейських пластах Жданівської депресії і його наявність у башкирських відкладах може пояснюватись не палеогеографічними умовами, як припускає автор, а різним характером басейнів, що розміщувались на цій території (лімнічному, подібному до Тульського басейну у візе, і паралічному, подібному до Донбасу, у башкирському віці).

Очевидно, що прогрес у розвитку технологій використання солоного вугілля неможливий без отримання та системного аналізу різнобічної інформації щодо умов його формування, епігенетичних перетворень, речовинного складу, фізико-хімічних властивостей тощо. В цих напрямках автором отримані нові науково обґрунтовані результати, які мають важливе значення для розв'язання проблеми практичного використання солоного вугілля.

Виходячи з цього, вважаємо, що дисертаційна робота «Генезис і еволюція солоного вугілля України та проблеми його освоєння» відповідає вимогам до докторських дисертацій та паспорту спеціальності 04.00.01 – загальна та регіональна геологія, а її автор, Іванова А.В., заслуговує присудження їй наукового ступеня доктора геологічних наук.

Професор кафедри геології нафти і газу  
ННІ «Інститут геології» Київського національного  
університету імені Тараса Шевченка,  
доктор геологічних наук

В.В. Огар

21.11.2016

Відомо завідаю  
Вчений секретар



21.11.2016