

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Інститут геологічних наук

ІВАНОВА АРІАДНА ВІКТОРІВНА

УДК 553.947[552.574+550.42](477)

**ГЕНЕЗИС І ЕВОЛЮЦІЯ СОЛОНОВОГО ВУГІЛЛЯ УКРАЇНИ ТА ПРОБЛЕМИ ЙОГО
ОСВОЄННЯ**

04.00.01 – Загальна та регіональна геологія

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора геологічних наук

Київ – 2016

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у відділі геології вугільних родовищ
Інституту геологічних наук НАН України

Науковий консультант – доктор геол.-мін. наук,
академік НАН України
Гожик Петро Феодосійович,
Інститут геологічних наук
НАН України, директор

Офіційні опоненти – доктор геол.-мін. наук,
член-кореспондент НАН України
Белєвцев Рудольф Якович,
Інститут геохімії навколишнього
середовища НАН України,
завідуючий відділом термодинаміки геосфер

доктор геол.-мін. наук, професор кафедри
історичної геології та палеонтології
Узіюк Василь Іванович,
Львівський національний університет
ім. Івана Франка Міністерства освіти і науки
України, професор кафедри історичної геології та
палеонтології геологічного факультету

доктор геол. наук, професор кафедри
геології нафти і газу
Огар Віктор Володимирович,
навчально-науковий інститут «Інститут геології»,
Київський національний університет ім. Тараса
Шевченка Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри геології нафти і газу

Захист відбудеться « 8 » грудня 2016 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д 26.162.02 Інституту геологічних наук НАН
України за адресою: вул. О. Гончара, 55^б, м. Київ, 01601

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту геологічних
наук НАН України за адресою: вул. О. Гончара, 55^б, м. Київ, 01601

Автореферат розіслано « 3 » листопада 2016 року

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради Д 26.162.02
канд. геол.-мін. наук

Сокур Т. М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Автором пропонується концепція засолення органічної речовини вугілля в стадію седиментодіагенезу (Іванова, 1981). Утворення солоного вугілля – закономірний наслідок певних умов геологічного минулого Землі, зокрема періодів активізації ендегенних процесів, що супроводжувалися трансгресіями й регресіями моря та інтенсивним вулканізмом. У всіх відомих випадках геоекологічні обстановки формування солоного вугілля характеризувалися наявністю джерела солей у торф'яну стадію. В паралічних басейнах таким джерелом була морська вода, в областях розвитку галогенних утворень – продукти їх руйнування, у регіонах із проявами активного магматизму – похідні магматичної й постмагматичної діяльності.

З позиції концепції седиментодіагенетичного засолення вугілля можна ефективно вирішувати цілий ряд різних геологічних завдань, що свідчить про наукову цінність пропонованої роботи.

Геологічний аспект проблеми солоного вугілля має й чисто прикладний інтерес, тому що тісно пов'язаний з технологічними завданнями його освоєння.

За даними Інституту світової економіки і міжнародних відносин РАН (ИМЭМО РАН) енергосистеми більшості розвинених країн, таких як США, Німеччина та ін., засновані на вугільній генерації. Сьогодні вугільна галузь забезпечує більш 40% світового виробництва електроенергії й 24% теплової. За прогнозами Міжнародного енергетичного агентства (World Energy Outlook Special Report 2015: Energy and Climate Change) вугілля буде відігравати основну роль в енергетичному забезпеченні багатьох країн світу ще тривалий час, і головним постачальником енергії залишаться великі теплові електростанції, що працюють на вугіллі. Надходження шкідливих речовин в атмосферу при згорянні вугілля можна значно скоротити за рахунок удосконалювання технологій спалювання й очищення газових викидів. Цей прогноз повною мірою відноситься і до України. Що стосується ядерної енергетики України, то з її невирішеними проблемами поховання й переробки ядерних відходів вона буде зазнавати постійну конкуренцію з вугільною галуззю.

Неухильне зростання обсягів застосування як енергоносія вуглеводневої сировини й загострення проблеми забезпечення України енергетичними ресурсами викликає необхідність заміни вуглеводнів вітчизняним вугіллем, геологічні запаси якого дозволяють задовольнити потреби національної економіки, зокрема теплової енергетики, промисловості й комунального господарства. Однак скорочення ресурсів паливно-енергетичної сировини поряд з ускладненням умов її розробки обумовлює необхідність залучення в експлуатацію нових вугільних родовищ, у тому числі так званого солоного вугілля. Солоне вугілля за якісними показниками й запасами найбільш перспективне серед некондиційної енергетичної сировини. В Україні

родовища солоного вугілля розташовані в Західному (Петриківське, Новомосковське родовища) і Північному (Старобільська вугленосна площа з Богданівським і Петровським родовищами) Донбасі. Родовища розвідані й характеризуються неглибоким заляганням вугільних шарів з розвіданими запасами, що перевищують 25 млрд. т. Водночас солоне вугілля не використовують у зв'язку з підвищеним вмістом у ньому натрію й хлору, які порушують нормальну експлуатацію котлових установок, сприяючи утворенню на поверхнях нагрівання золених відкладів, їх зашлаковуванню й корозії. Як вітчизняна, так і зарубіжна енергетика не мають досвіду промислового спалювання солоного вугілля, також не знайдено раціональних методів його знесолення. Звідси виникає необхідність подальших досліджень для пошуків ефективних способів його наземної або підземної переробки, які відповідали б вимогам економичності, комплексного використання сировини й охорони навколишнього середовища.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалася відповідно до планів науково-дослідних робіт відділу геології вугільних родовищ Інституту геологічних наук НАН України по темах: «Изучить геологические и геохимические особенности углей Донбасса с высоким содержанием щелочей с целью подготовки рекомендаций производственным организациям» (№ держ. реєстрації 79076294, 1979-1981 рр.); «Палеотектонические и палеогеографические условия формирования угленосных образований территории УССР» (№ держ. реєстрації 39-86-201/8); «Історико-генетичні особливості етапів вуглеутворення в геологічній структурі України» (№ держ. реєстрації 0298U001754); «Етапи утворення вуглецевих формацій в геологічних структурах України та суміжних територій» (№ держ. реєстрації 0109U001078); «Геодинаміка вугленосних формацій України» (№ держ. реєстрації 0114U000548).

Мета досліджень – обґрунтувати положення, що формування солоного вугілля, яке є закономірним наслідком геологічного минулого Землі, пов'язане зі стадією седиментодіагенезу, а його подальша еволюція визначається постдіагенетичними процесами.

У зв'язку із цим було доцільно розв'язати наступні завдання:

- на підставі аналізу фізико-хімічних властивостей торфів і вугілля виділити стадію перетворення органічної речовини, найбільш сприятливу для його засолення;
- встановити роль геодинамічних (геотектонічних) умов у формуванні вугленосних формацій, що містять вугілля з певним речовинно-петрографічним складом, у тому числі солоне;
- визначити рівень геодинамічної й геотермічної активності регіону в період формування досліджуваних вугленосних формацій;
- виявити роль постдіагенетичних процесів, у першу чергу метаморфізму, на розсолоння вугілля.

В зв'язку з тим, що спрямованість цих досліджень у значній мірі

визначається практичними вимогами використання солоного вугілля, було необхідно:

- оцінити, виходячи з аналізу форм зв'язку натрію й хлору з органічною речовиною бурого й кам'яного вугілля, доцільність застосування тих або інших методів знесолення.

Об'єктом дослідження є вугленосні формації, що містять солоне вугілля.

Предмет дослідження – генезис і трансформація солоного вугілля під впливом постдіагенетичних факторів.

Методи дослідження. Вугілля родовищ вивчалось петрографічними, хімічними й фізичними методами. Петрографічний склад вугілля із підрахунком мікрокомпонентів досліджувався в прозорих двосторонніх полірованих шліфах і аншліфах у прохідному й відбитому світлі. Вимірювання показника відбиття вітриніту як найбільш надійного критерію діагностики палеогеотермічних умов надр проводилися в основному на вдосконаленій автором установці ПООС-1, змонтованій на мікроскопі МИН-9, у поляризованому світлі в повітрі (R^a) і в масляній імерсії (R^o) з використанням стандартних еталонів [Іванова, 1971; Іванова, 1974], а також на установці ИГиРГИ МИМ-7 у маслі з використанням еталона ТФ-5 при 546 нм. Показники відбиття вітриніту визначені по 1827 аншліфах. Отримані дані використовувалися згідно з запропонованою автором методикою [Іванова, 1992; Іванова, Гаврильцев, 2010] для проведення палеогеотермічних і палеотектонічних реконструкцій. Для встановлення характеристик вугілля із підвищеним вмістом натрію й хлору виконані технічний (по 635 зразках) і елементний (по 477 зразках) аналізи вугілля, водних витяжок (470 проб), визначення температури плавлення золи (102 проби) і її хімічного складу (310 проб). Переважна кількість досліджених зразків відноситься до кам'яновугільних відкладів Доно-Дніпровського прогину. Крім того, був узагальнений накопичений по розглянутих регіонах фондовий і літературний матеріал. Отримані дані комплексно оброблялися із залученням апарату математичної статистики для аналізу результатів дослідження й побудови ілюстративного картографічного матеріалу. Аналізувалися ймовірні шляхи використання солоного вугілля і його знесолення для отримання облагороженого палива.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Уперше на підставі комплексу показників, отриманих при аналізі геологічної будови досліджуваних об'єктів, фаціальних умов торфонакопичення, фізико-хімічних властивостей торфів і вугілля, петрохімічних характеристик вугілля, обґрунтовується концепція седиментодіагенетичного засолення вугілля.

2. Обґрунтовано положення, що основним джерелом засолення кам'яновугільних торфовищ палеозойських прогинів України, включаючи Дніпровсько-Донецьку западину (ДДЗ), де розвинена соляна тектоніка, була морська вода.

3. Одержало подальший розвиток уявлення про роль постседиментаційних перетворень, зокрема метаморфізму, у знесоленні вугілля при відповідному тектонічному режимі, що визначає фізичні й реологічні властивості вугілля й гідрогеологічні умови вуглепородного масиву, які забезпечують винос продуктів метаморфізму, що виділяються з вугілля.

4. Обґрунтовано положення, що солоне вугілля не є випадковим утворенням різного генезису, і його формування – закономірний підсумок певних умов, що мали місце в геологічній історії таких регіонів, як Складчастий Донбас, ДДз, Львівсько-Волинський басейн, Переддобруджинський і Закарпатський прогини, в яких солоне вугілля встановлено вперше.

5. Уперше з позицій концепції седиментодіагенетичного засолення вугілля і його еволюції під дією метаморфізму та зміни тектонічного положення вуглепородного масиву підтверджена точка зору про інверсію Донбасу на рубежі С-Р (уральської фази тектогенезу).

6. Обґрунтовано положення, що ранньопермський евапоритовий басейн Доно-Дніпровського прогину є десцендентно-седиментаційним, одним із джерел надходження солей у який була товща вугленосних відкладів карбону, що руйнувалася.

7. Уперше акцентується увага на тій принциповій обставині, що буре й кам'яне вугілля вимагають різного підходу при розробці методів їх знесолення, тому що натрій, що міститься в них, має з органічною речовиною різні форми зв'язку – у бурому вугіллі переважає натрій у складі нерозчинних у воді гуматів, у кам'яному вугіллі превалює натрій у водорозчинній формі.

Практичне значення отриманих результатів. Виходячи з концепції седиментодіагенетичного засолення вугілля можна ефективно вирішувати цілий ряд різних геологічних завдань, таких як встановлення палеогеографічних умов торфонакопичення, прогнозування наявності солоного вугілля у тому або іншому регіоні або геологічній формації, кореляцію геологічних подій і уточнення історії геотектонічного розвитку вугленосних басейнів, уточнення сольового балансу евапоритових басейнів та ін. Геологічна й гносеологічна сторони феномена солоного вугілля, як вказувалося вище, тісно пов'язані з технологічними завданнями його освоєння. Всебічне вивчення властивостей солоного вугілля, критичний аналіз його класифікаційних характеристик, методів використання й збагачення дозволили авторові рекомендувати найбільш об'єктивні, з його погляду, оцінні параметри й загострити увагу на специфіці умов виділення з вугілля натрію й хлору, а також на різних формах зв'язку натрію з органічною речовиною бурого і кам'яного вугілля, що має принципове значення при розробці методів його знесолення.

Особистий внесок автора. Автором здійснена постановка теми й завдань досліджень, аналіз, узагальнення й інтерпретація зібраного їм великого фактичного матеріалу, обґрунтована концепція седиментодіагенетичного засолення вугілля, показана роль постдіагенетичних

процесів у розсоленні вугілля. Роботи з визначення показника відбиття вітриніту виконані автором. Петрографічні дослідження вугілля у прозорих двостороннє полірованих шліфах проводилися Л. Б. Зайцевою (ІГН НАНУ), по Західному Донбасу (в аншліфах) – Т. О. Кривеогою (ПГО «Южукргеология»).

Після завершення роботи з теми «Изучить геологические и геохимические особенности углей Донбасса с высоким содержанием щелочей с целью подготовки рекомендаций производственным организациям» (науковий керівник доктор геол.-мін. наук В. С. Попов) в 1981 р. автором у продовж багатьох років відбиралися зразки вугілля із різних регіонів, які досліджувалися в ІГН НАН України та у центральній лабораторії ПГО «Южукргеология». Вони дали можливість авторові підтвердити його бачення генезису солоного вугілля та висловлену раніше думку про його широке поширення в паралічних відкладах, у тому числі в кам'яновугільних відкладах ДДз, Складчастого Донбасу, Львівсько-Волинського басейну і Переддобруджинського прогину. Особисту участь в обговоренні теми дисертації, планів проведення робіт і отриманих результатів приймав науковий консультант академік НАН України П. Ф. Гожик.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи були викладені й обговорені на VI Всесоюзній вугільній нараді «Угольные бассейны и условия их формирования» (Львів, Україна, 1980); VII Всесоюзній вугільній нараді «Ресурсы твердых горючих ископаемых, их увеличение и комплексное рациональное использование в народном хозяйстве» (Ростов-на-Дону, Росія, 1981); VIII Всесоюзній вугільній нараді «Основные направления научно-технического прогресса при поисках и разведке твердых горючих ископаемых» (Ростову-на-Дону, Росія, 1986); European Coal Conference (Прага, Чехія, 1995); XIII International Congress on Carboniferous-permian (XIII ICC-P) (Краків, Польща, 1995); II Konferencja «Zagadnienia ekologiczne w geologii i petrologii węgla» (Глівіце, Польща, 1996); XX Sympozjum «Geologia formacji węglonośnych Polski» (Краків, Польща, 1997); International Committee for coal and organic petrology, 49th Annual Meeting (Веллінгтон, Нова Зеландія, 1997); European Coal Conference (ECC-97) (Ізмір, Туреччина, 1997); Читаннях пам'яті В.Забігайла (Львів, Україна, 1999); XXII Sympozjum «Geologia formacji węglonośnych Polski» (Краків, Польща, 1999); XXIII Sympozjum «Geologia formacji węglonośnych Polski» (Краків, Польща, 2000); 4th European Coal Conference (Устронь, Польща, 2000); XXIX Sympozjum «Geologia formacji węglonośnych Polski» (Краків, Польща, 2006); 7th European Coal Conference (Львів, Україна, 2008); XXXIII Sympozjum «Geologia Formacji Węglonośnych Polski» (Краків, Польща, 2010); XI Міжнародній конференції «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, Росія, 2013); VII Всеросійській літологічній нараді «Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории» (Новосибірськ, Росія, 2013); Науковій конференції з міжнародною участю «Геоэкологические проблемы углепромышленных территорий» (Ростов-на-Дону, Росія, 2013); Міжнародній науковій

конференції «Геологія горючих копалин: досягнення та перспективи» (Київ, Україна, 2015); XVIII International congress on the Carboniferous and Permian (Казань, Росія, 2015).

Публікації. Результати й основні положення дисертації опубліковані в 69 наукових працях, з них 9 монографій, 24 у професійних виданнях України й 5 статей у наукових періодичних виданнях інших країн по тематиці дисертації, що входять у перелік науково-метричних баз. Крім того, опубліковано 29 тез і доповідей на вітчизняних і міжнародних конференціях і з'їздах, отримано 3 авторських посвідчення, 5 статей опубліковано в науково-популярних виданнях. Усього автором опубліковано 171 робота.

Структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, трьох додатків та списку використаних джерел. Викладена на 336 сторінках друкованого тексту, ілюстрована 59 малюнками і 47 таблицями. Список використаних джерел складається зі 412 найменувань.

Подяки. Автор з почуттям глибокої вдячності й повагою згадує доктора геол.-мін. наук В. С. Попова, який запропонував йому виконати тему по солоному вугіллю і став його науковим керівником. Автор висловлює сердечну подяку академікові НАН України Є. Ф. Шнюкову й докторові геол.-мін. наук А. Я. Радзівілу за увагу й підтримку в період виконання названої теми. Автор глибоко вдячний за поради й підтримку при роботі над дисертацією науковому консультантові академікові НАН України П. Ф. Гожику. Автор вдячний докторові геол.-мін. наук Л. С. Галецькому, докторові геол. наук С. М. Єсиповичу й докторові геол. наук І. Д. Багрію за увагу і поради, докторові геол. наук М. І. Євдошуку за підтримку й спонукання до якнайшвидшого завершення роботи над дисертацією, кандидатів геол.-мін. наук С. О. Мачуліній за поради і своєчасні рекомендації. За підтримку й безцінну допомогу при підготовці й оформленні дисертації автор висловлює свою щирю вдячність ст. наук. співробітникам Л. Б. Зайцевій і своєму синові В. Б. Гаврильцеву. За допомогу при підготовці електронної версії деяких матеріалів дисертації автор висловлює подяку співробітникам відділу геології вугільних родовищ С. М. Грушецькій і Л. А. Пристинській.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **Вступі** обґрунтовані актуальність теми дисертації, вибір матеріалу і методів дослідження, сформульовані мета й завдання дослідження, визначена наукова новизна й практична цінність отриманих результатів.

Розділ 1. Основні етапи розвитку наукової думки при вивченні геологічної будови родовищ і властивостей солоного вугілля.

У розділі надана ретроспектива історії вивченості вугілля із підвищенням вмістом натрію й хлору. Солоне вугілля відоме як в Україні, так і за рубежом. За рубежом дефіцит палива назрів раніше, тому вивчення й спроби використання солоного вугілля спочатку були розпочаті саме там. При їхнім

вивченні основна увага приділялася прикладному аспекту проблеми – речовинному складу вугілля і технології його використання. В 50-70-х роках почали з'являтися публікації, у яких досліджувалася поведінка мінеральної частини солоного вугілля у топковому процесі [Гренховд, Сондрил, 1976; Belsing, 1972; Grant, Weymouth, 1962 та ін.]. У ряді робіт аналізуються речовинний склад і хіміко-технологічні властивості солоного вугілля родовищ Австралії [Durie, 1961; Swelne, 1967], США [Гренховд, Сондрил, 1976], Англії [Wandless, 1958], Німеччини [Lehmann, 1949; Hoffman, Lewandowsky, 1966; Pfeifer, 1966], Польщі [Kuhl, 1959, 1960; Kruszewski, 1965; Kruszewski, 1967; Lissner et al., 1971], Чехії [Kessler et al., 1965] та ін.

При цьому геологічні й палеогеографічні умови формування такого вугілля, його зв'язок з певними типами вугленосних формацій, положення в класифікаційних рядах за складом, генезисом й ступенем метаморфізму розглядалися в недостатньо широкому обсязі. Цим питанням присвячена порівняно невелика кількість публікацій по дослідженню родовищ солоного вугілля Англії, Польщі, Австрії, а в основному Німеччини. Причому недостатня вивченість геологічних умов формування зазначеного вугілля призводила до того, що з приводу генезису одних і тих самих родовищ дослідники висловлювали діаметрально протилежні погляди, наприклад, при оцінці буровугільних родовищ Німеччини.

В 1995 р. Геологічна служби США разом з рядом установ і вчених із країн, які займаються розробкою вугільних родовищ, ініціювала й до 2006 р. завершила розробку бази даних The World Coal Quality Inventory (WoCQI) [Tewalt et al., 2010], що містить широку стандартизовану інформацію про якість вугілля, що репрезентує найважливіші вугільні шари у всіх основних вуглевидобувних країнах світу. Усього в проєкті взяли участь 56 країн, відібрано й проаналізовано 1580 зразків вугілля.

Узагальнений перелік відомих на даний час родовищ і басейнів солоного вугілля або з ознаками засолення відображений на мапі світу (рис. 1).

З метою з'ясування особливостей поширення солоного вугілля розглянутих родовищ, часу й джерел його засолення автором був проведений аналіз і узагальнення матеріалів по геологічній будові, умовах формування, якості вугілля і типам хімічного зв'язку натрію й хлору з органічною речовиною та отримані наступні результати.

Солоним виявляється вугілля паралічних басейнів, вугленосні відклади яких утворювалися у прибережно-морських і лагунових умовах седиментації. Серед них зафіксовані басейни кам'яновугільного вугленакопичення:

- Іллінойський (США), Йоркшир-Ноттингемшир, Ланкашир, Нортумберленд, Дургам, Південно-Уельський, Кент і родовище Форт-Уеллі (Великобританія), Рурський (Німеччина), Верхньосілезький вугільний басейн (Польща), Остравсько-Карвинський вугільний район (остравська товща, Чехія), Донецький (Україна) і Карагандинський (карагандинська світа, Казахстан);

крейдово-палеогенового і, в основному, палеоген-неогенового вугленакопичення:

- басейни Південної вугленосної провінції (США), Нижньорейнський (Німеччина), Угловський басейн, Анадирська вугленосна площа, Південний вугленосний район Сахалінського вугільного басейну (Росія) та ін.

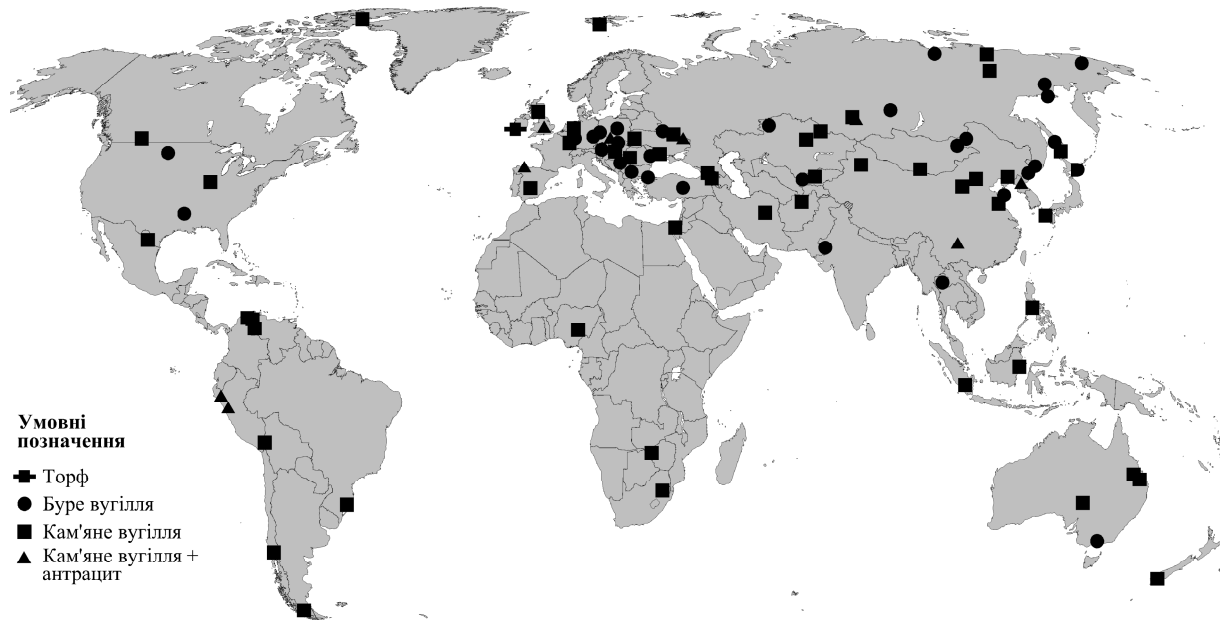


Рисунок 1 – Оглядова карта родовищ вугілля із підвищеним вмістом натрію і хлору.

Солоне вугілля виявлене на родовищах, розташованих у районах розвитку галогенних порід. Це родовища палеоген-неогенового віку США, Німеччини (Тюринго-Саксонський вугленосний район), Польщі, де торфонакопичення могло відбуватися при хімічному впливі як морських вод (США, Німеччина), так і соленосних відкладів, що руйнуються.

Підвищений вміст натрію в золі вугілля виявлений на родовищах, що сформувалися в період прояву інтенсивної вулканічної діяльності, продукти якої могли виступати основним (долинська світа Карагандинського басейну, Аркагалінська й Ельгенська площі Північного сходу Росії) або додатковим (басейни Великобританії, Анадирська вугленосна площа, Приморський край Росії) джерелом надходження лужних елементів у торфовища.

Підвищений вміст натрію, іноді калію в золі вугілля відзначений на родовищах, що утворювалися в областях прояву поствулканічної (сульфатарної) діяльності й руйнування багатих лужними металами магматичних порід. Серед них родовища Польщі (родовище Турів), Тургайського, Карагандинського, Кансько-Ачинського й Нижньолійського басейнів, Середньої Азії й Північного сходу Росії.

Засоленню торфовищ міг сприяти аридний клімат, що призводить до інтенсивного випаровування води й осолоненню водойм (Карагандинський басейн у долинський час, Ангренське родовище в юрський період).

Гідрогеологічні умови вугленосних товщ, що містять солоне вугілля, характеризуються наявністю як високомінералізованих (Тургайський, Нижньоілійський буровугільні басейни, Анадирська вугленосна площа, Новомосковське родовище Західного Донбасу), так і прісних і слабомінералізованих вод (низка родовищ Приморського краю, Північного сходу Росії, Кансько-Ачинського буровугільного басейну, Середньої Азії). У першому випадку має місце застійний гідрогеологічний режим, сприяючий збереженню седиментогенних вод і засоленості вугілля, у другому створюються умови, що сприяють розсоленню вугілля.

Щодо генезису солоного вугілля, часу й джерела його засолення дослідниками висловлюються різні, часом діаметрально протилежні, думки. Наприклад, у свій час ні в кого не викликало сумніву джерело засолення бурого вугілля еоценового віку Тюринго-Саксонського вугленосного району, яким вважалися вилужені солі цехштейна Середньої Німеччини. Спірним було питання про механізм їх засолення (у процесі торфоутворення або у стадію епігенезу) [Lehmann, 1967]. У результаті більш пізніх досліджень лігнітів в тому ж Тюринго-Саксонському вугленосному районі, але трохи на схід вище описаних родовищ (міста Халле-Біттерфельд) Б. Хартманном [Hartmann, 2005] було піддане ревізії й джерело засолення. Установлено, що вугілля було збагачено натрієм під впливом морської води. Коефіцієнт відношення хлору до броміду (300-400) з усією очевидністю показав, що підвищений вміст у вугіллі натрію за рахунок солей цехштейна, що вилуговуються, виключений.

Аналіз форм зв'язку натрію й хлору з органічною речовиною вугілля свідчить про наступне:

- буре вугілля містить натрій у вигляді гуматів. Гумати натрію зафіксовані в бурому і перехідному вугіллі родовищ Австралії, США, Польщі, Німеччини, Кансько-Ачинського басейну Росії;
- вміст їх падає в міру збільшення ступеня вуглефікації – від 85-100 (Б) до 50-62% (Б-БД) за рахунок зростання в кам'яному вугіллі кількості водорозчинного натрію, що перебуває часто в стехіометричному співвідношенні із хлором. Частина хлору перебуває у вигляді органічних сполук;
- натрій і хлор концентруються переважно у вітриніті;
- вміст натрію й хлору падає в міру зростання ступеня катагенезу, хоча ці елементи зберігаються і у вугіллі високого ступеня вуглефікації, що відзначається на ряді родовищ Великобританії, Німеччини, Чехії, США.

Аналіз вікової приналежності родовищ вугілля із підвищеним вмістом натрію й хлору свідчить про те, що родовища солоного вугілля кам'яновугільного віку поширені лише в північній півкулі, в основному на Європейському континенті. У південній півкулі (Південна Америка, Африка, Австралія) вони фіксуються в пермських відкладах і не виявлені в кам'яновугільних.

Розділ 2. Геотектонічні й геотермальні умови формування вугленосних формацій.

У розділі розглядається геоструктурне положення, геотектонічні й геотермічні обстановки, умови торфонакопичення і формування речовинно-петрографічного складу вугілля Доно-Дніпровського, Львівського й Переддобруджинського палеозойських прогинів. У всіх регіонах режим геотектонічного розвитку виявився визначальним фактором, який обумовив геотермічні умови, обстановки торфонакопичення й формування петрографічного складу, типу по відновленості, ступеня засоленості і якості вугілля, а також ступінь вуглефікації органічної речовини.

Геоструктурна позиція цих регіонів, а також буровугільних родовищ Закарпатського внутрішнього прогину і Дніпровського буровугільного басейну, що визначила спрямованість їх геотектонічного розвитку, показана на рис.2.



Рисунок 2 – Геоструктурна позиція Доно-Дніпровського, Львівського й Переддобруджинського палеозойських прогинів, Закарпатського внутрішнього прогину, Дніпровського буровугільного басейну.

Доно-Дніпровський прогин є, на думку більшості дослідників, частиною внутріконтинентальної рифтової системи, що включає також Прип'ятську западину й вал Карпинського, і сформований у середньому

девоні в герцинську фазу тектогенезу.

Розвиток прогину в карбоні характеризувався накопиченням теригенно-карбонатних вугленосних відкладів, що проявлялося менш активно в ранньокам'яновугільну, ніж в середньокам'яновугільну епоху (за результатами проведених розрахунків, накопичення осадов по Західному Донбасу в середньокам'яновугільну епоху йшло у два рази швидше, ніж у ранньому карбоні), бо судетська фаза (C_1 - C_2) ознаменувалася здійсненням південних прибортових частин Доно-Дніпровського прогину й посиленням занурення його центральної і північної частин. Активізація тектонічних рухів, пов'язаних з астурійською фазою тектогенезу (C_2 - C_3), призвела до зміни умов осадоутворення й формування у пізньому карбоні товщі піщано-глинистих відкладів із незначним вмістом карбонатних і вуглистих утворень [Айзенберг та ін., 1988]. Наприкінці карбону в Доно-Дніпровському прогині йшло згасання вуглеутворюючих процесів. У пермський період формувалася товща піщано-глинистих і галогенно-карбонатних порід морських, лагунових і континентальних фацій, що виповнюють осьову частину ДДз, а також Бахмутську й Кальміус-Торецьку котловини Донбасу.

Характерною рисою осадового чохла ДДз є наявність соляних структур, які представлені, по класифікації І. Г. Баранова [1965], прихованосолянокупольними брахіантиклінальними складками, соляними брахіантикліналями, куполами, соляними штоками, що перебувають на різних стратиграфічних рівнях, і відкритими соляними штоками, соляні маси в яких піднімаються до четвертинних відкладів. За цією ознакою виділяються передкам'яновугільні, передтріасові, передпалеогенові й передчетвертинні типи соляних структур [Баранов, Арсирій, 1964; Косыгин, 1969; Чирвинская, 1965 та ін.]. Майже всі соляні структури западини розбиті складною системою різновікових порушень, що особливо чітко проявляється в приосьовій і центральній частинах підняття. У зводах структур нерідко спостерігаються мульди просідання, часто виповнені палеоген-неогеновими відкладами з вуглепроявами й родовищами бурого вугілля.

Сучасні уявлення про рушійні сили соляної тектоніки можна розділити на дві групи: гравітаційні і тектонічні. Згідно з першими, основною силою є нерівномірне навантаження на соляні породи надсольових відкладів, у результаті чого сіль у силу своєї пластичності й меншої об'ємної ваги вижимается нагору на ділянках з мінімальним тиском до встановлення ізостатичної рівноваги [Косыгин, 1969; Стовба, 2000 та ін.]. Причому С. М. Стовба, який вважає основною рушійною силою соляної тектоніки сили гравітаційні, вважає, що основним процесом, що збільшує швидкість нагнітання солі в ядра структур, є безперервна ерозія їх зводів. Згідно з альтернативними уявленнями, утворення

солянокупольних структур пов'язане із глибинними тектонічними процесами, зокрема вертикальними тектонічними рухами, що призводять до виникнення локальних напруг у середині осадової товщі [Китык, 1970]. Багато дослідників залучають для пояснення соляного тектогенезу обидва фактори, вважаючи, що в епохи седиментації завдяки силам гравітації йде поступове зростання соляних структур, а в періоди активізації тектонічних напруг зростання їх прискорюється, чому сприяє більша диференціація гравітаційних навантажень у межах локальних площ, що виникає в результаті розмиву у зводах складок надсольових відкладів [Атлас геологического..., 1984; Баранов, Арсирій, 1964]. Автор дисертації вважає, що основною рушійною силою зростання структур є різниця тисків (гравітаційних навантажень), що виникає за рахунок різних рівнів поверхонь соляних мас на бортах і в центральних частинах западини, що є результатом геодинамічних умов формування регіону.

Закономірним стає питання про здатність солянокупольних структур бути джерелом засолення торфовищ, що формуються. Пошук розв'язання цього завдання автор бачить у площині оцінки стратиграфічного рівня, до якого приурочена покрівля девонської солі, і часу їх формування.

Структури із передкам'яновугільним рівнем залягання соляного ядра, яке зазнало процеси вилуговування в передкам'яновугільний період, розвинені в основному в північно-західній частині западини (у межах Чернігівсько-Брагинської і частково Ічнянсько-Солохівської зон) [Атлас геологического..., 1984]. Вони, очевидно, не могли засолювати кам'яновугільні торфовища, основним джерелом засолення яких у ранньокам'яновугільну епоху й в башкирський вік була морська вода.

Структури із передтріасовим рівнем залягання соляного ядра, що розповсюджені переважно в південно-східній частині западини, у принципі могли бути потенційним джерелом засолення кам'яновугільних торфовищ. Їхнє формування відбувалося протягом усього кам'яновугільного періоду й ранньопермської епохи одночасно з осадонакопиченням [Атлас геологического..., 1984]. Очевидно, їхнє зростання йшло за рахунок різниці «гідростатичних» тисків, що визначалися положенням соляного шару на бортах і в центрі западини, і стимулювалося підвищенням вологості, що супроводжує осадонакопичення. Товща відкладів репкинської світи й фамену потужністю більше 5,3 км [Стратиграфія верхнього..., 2014], що утворилася над «нижньою сіллю» (D_3^{fr}), яка приймає участь у соляному тектогенезі, створювала тиск на соляну товщу близько 133 кг/см^2 , чого цілком достатньо для підтримки солі в пластичному стані, стимулюючи подальше зростання штока.

Структури із передпалеогеновим рівнем залягання соляного ядра, що так само здебільшого розвинені в південно-східній частині западини, та соляні штоки із передчетвертинним рівнем, поширені переважно в

прибортових частинах ДДз [Атлас геологического..., 1984], також могли бути потенційним джерелом засолення.

Питання, чи були соляні структури джерелом засолення кам'яновугільних торфовищ, розглядається у розділі *Умови формування солоного вугілля*.

У межах ДДз сучасні геотермічні градієнти палеозойських відкладів змінюються від 1,7-2,0 до 3,0-3,3°C/100 м [Атлас..., 1984], у Донбасі – від 1,0 до 3,9°C/100 м, становлячи в середньому 2,8°C/100 м [Геология месторождений..., 1963; Гордиенко и др., 2015; Кутас, Бевзюк, 1992]. Це дозволяє віднести Дніпровський і Донецький сектори прогину за рівнем сучасної геодинамічної й геотермічної активності до басейнів з нормальною геотермією [Мазор и др., 1984; Robert, 1985].

У період формування палеозойського осадового чохла Доно-Дніпровського прогину палеогеотермічні градієнти, визначені за показниками відбиття вітриніту по запропонованій автором методиці [Иванова, 1992; Иванова, Гаврильцев, 2010], становили в середньому для палеозойських відкладів центральної зони западини 2,5-2,9°C/100 м, для південного борту й південної прибортової зони від 2,5-2,7 (Чернігівсько-Брагінська й Ічнянсько-Солохівська зони) до 3,2-3,7°C/100 м (Чутівсько-Олексіївська зона), для північного борту й північної прибортової зони 2,0-2,5°C/100 м [Иванова, 2012]. Проведений автором аналіз показників відбиття вітриніту з кам'яновугільних відкладів свердловин Очеретинської К-900, Макіївської Щ-1027 і Чистяківської С-1379 Південно-Західного Донбасу показав, що палеогеотермічні градієнти склали відповідно 3,2; 3,3 і 3,7°C/100 м при сучасних 3,2; 3,1 і 3,3°C/100 м (рис. 3). Таким чином, Доно-Дніпровський прогин, за рівнем геодинамічної й геотермічної активності відносився до басейнів з нормальною геотермією.

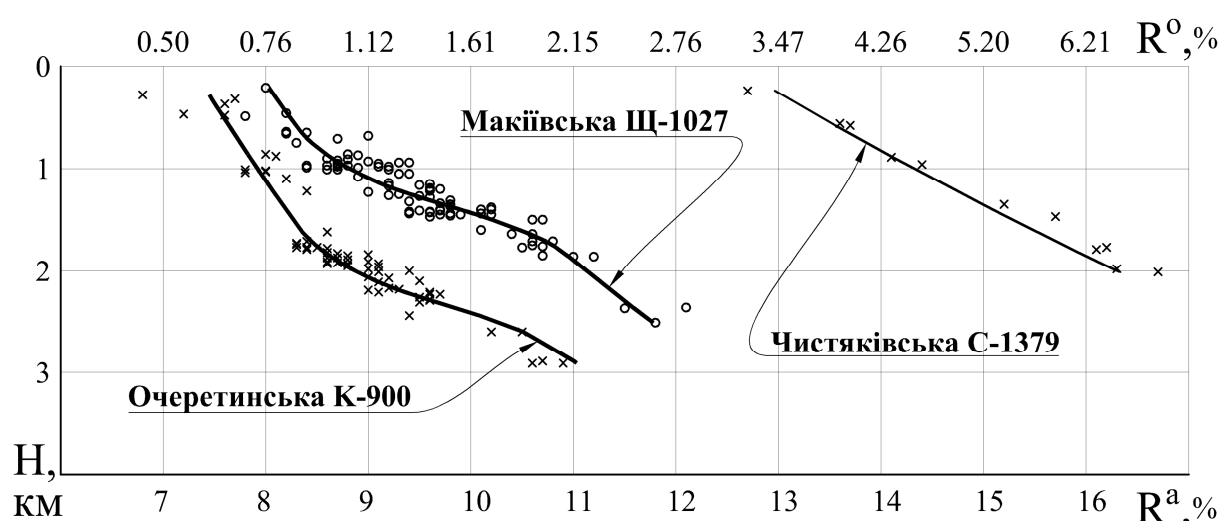


Рисунок 3 – Модель палеогеотермічної реконструкції для кам'яновугільних відкладів свердловин Очеретинської К-900, Макіївської Щ-1027 і Чистяківської С-1379 (Донбас).

Амплітуди вертикальних переміщень структур, виходячи з палеогеотермічних градієнтів, становлять від 2,4-3,6 км у межах Чернігівсько-Брагінської поперечної зони до 3,0-6,5 км у Волвенківсько-Бантишевській зоні [Иванова, 2012], для Південно-Західного Донбасу – від 3,3 (св. К-900) до 6,3 (св. С-1379) км.

На ранньокам'яновугільних етапах торфонакопичення як у ДДз, так і в Донбасі відбувалося в малообводнених і проточних болотах на узбережжі мілкого моря, даючи вихідний матеріал для формування вугілля в основному кларено-дюренового складу, маловідновленого й перехідного генетичних типів. Невисока швидкість осадоногопичення сприяла сильному розкладанню вихідного рослинного матеріалу і його первинній окисленості.

У середньо- пізньокам'яновугільну (в основному касимовський вік) епохи торфонакопичення відбувалося в обстановках обводнених боліт алювіально-дельтових приморських низин, що сприяло формуванню вугілля кларенового й дюрено-кларенового складу, в основному відновленого генетичного типу. Цьому сприяла більш висока швидкість осадоногопичення, що визначила кращу збереженість структурних тканин і більш високу відновленість середовища перетворювання рослинного матеріалу.

У регіоні переважає гумусове вугілля. Сапропелеве й ліптобіолітове вугілля не має широкого поширення, але частіше відзначається в нижньому карбоні в асоціації з вугіллям інших петрографічних типів. У гумусовому вугіллі встановлені органічні мікрокомпоненти груп вітриніту, семівтриніту, інертиніту, екзиніту й мінеральні вклучення. Для сапропелевого вугілля характерна група альгініту, для ліптобіолітових – група ліпоїдиніту.

У відкладах нижнього карбону середній по шарах вміст вітриніту варіює від 50 до 63%, інертиніту – від 20 до 33%, досягаючи в дюренах 55%, екзиніту – від 15 до 24%, досягаючи в спорових дюренах 50%. По співвідношенню мікрокомпонентів переважає вугілля кларено-дюренового складу.

У відкладах середнього й верхнього карбону середні вмісти вітриніту коливаються в межах від 73 до 83%, кількість інертиніту становить 3-16%, екзиніту – 8-24%. По співвідношенню мікрокомпонентів переважає кларенове й дюрено-кларенове вугілля з фюзенізованими й ліпоїдними компонентами.

Установлений факт збільшення вмісту вітриніту у вугіллі нижнього й середнього карбону в напрямку до північного борту западини пояснюється з позицій геодинамічного розвитку регіону помітним збільшенням у цьому напрямку інтенсивності осадоногопичення, пов'язаного з розширенням зони тектономагматичної активності, починаючи з перед- або ранньокам'яновугільної епохи.

Якість вугілля контролюється в першу чергу ступенем вуглефікації, а також його петрографічним складом. Показники вологості (W^a) змінюються від 3,5-24,7% для бурого вугілля прибортових зон ДДз і Західного Донбасу до часток відсотка для антрацитів Складчастого Донбасу, вихід летких (V^{daf}) відповідно коливається від 42,4-45,6 до 1,5-7,5%, вміст вуглецю (C^{daf}) збільшується з 69,0-74,0 до 94,2-97,2%. Вугілля ранньокам'яновугільного віку

Донбасу переважно мало- і середньосірчисте, мало- і середньозольне. Вугілля середнього-пізнього карбону в основному сірчисте, з підвищеною зольністю.

Умови утворення кам'яновугільних вугленосних формацій Доно-Дніпровського прогину дозволяють розглядати їх як паралічні. Ця точка зору підтверджується значеннями коефіцієнта Лейфмана-Вассоевича, розрахованого за даними речовинного складу органічної речовини вугілля Західного Донбасу. Його значення для вугілля нижнього й середнього карбону коливаються від 0,45 до 0,60 і свідчать, що торфовища формувалися з рослин наземного походження під впливом морських умов. В умовах формування паралічних відкладів раннього-середнього карбону торфовища Доно-Дніпровського прогину в стадію седиментодіагенезу збагачувалися натрієм, поклавши початок проявам і родовищам солоного вугілля.

Значний інтерес представляє найбільш засолене кам'яне вугілля Новомосковського родовища. Автором більш повно вивчені шари вугілля c_1 і c_8^1 . Шар c_1 складений переважно напівматовими кларено-дюренами, що перешаровуються з дюрено-кларенами, дюренами, рідко кларенами і ультрадюренами. Вміст мікрокомпонентів на Новомосковському родовищі в середньому по пласту становить: групи вітриніту 55%, семівітриніту 3%, фюзиніту 21% і ліптиніту 21%. Шар c_8^1 також складається головним чином із кларено-дюренів, що чергуються з дюренами, лише в північній частині родовища спостерігається дюрено-кларенове вугілля. Середній вміст мікрокомпонентів по пласту становить: групи вітриніту 51%, семівітриніту 2%, фюзиніту 24%, ліптиніту 23%.

Вугілля нижнього карбону характеризується в основному середньою зольністю, середньою сірчистістю, містить до 42-46% летких речовин, до 76-80% вуглецю, 4,9-5,2% водню, теплотворна здатність його становить 29,7-33,5 МДж/кг.

Склад золи специфічний. Вона відрізняється великим вмістом оксиду натрію, кількість якого змінюється від часток до 18,3%. Середній хімічний склад золи вугілля нижнього карбону при зольності 10% (в %): SiO_2 – 35,4; TiO_2 – 1,0; Al_2O_3 – 19,0; Fe_2O_3 – 19,6; CaO – 11,5; MgO – 3,1; K_2O – 2,0; Na_2O – 8,4. Розраховуючи на сухе вугілля вміст Na_2O при зольності 10% становить 0,8-0,9%.

Вугілля середнього карбону, представлене дюрено-кларенами й кларенами, характеризується більш високою зольністю й сірчистістю, містить до 43-49% летких речовин, до 72-75% вуглецю, 5,0-5,6% водню, теплотворна здатність його становить 29,3-31,8 МДж/кг.

Середній хімічний склад золи вугілля середнього карбону наступний (в %): SiO_2 – 5,0-48,3; Al_2O_3 – 3,0-35,4; Fe_2O_3 – 2,4-63,6; CaO – 3,3-26,0; MgO – 1,1-8,8; SO_3 – 0,3-28,8; TiO_2 – 0,14-1,7; P_2O_5 – 0,07-2,07; K_2O – 0,6-2,8; Na_2O – 4,0-14,8.

Аналіз хімічного складу підземних вод Новомосковського району Західного Донбасу свідчить, що вони являють собою залишковий морський

солевої комплекс седиментаційного генезису, та підтверджує факт накопичення натрію в стадію торфовища.

У Північному Донбасі солоне вугілля виявлене в межах Старобільської вугленосної площі. Основний промисловий шар k_2^H містить гумусове вугілля, яке по співвідношенню вмісту мікрокомпонентів (вітриніту 56-87%, ліптиніту 3-20%, фюзиніту 3-14%) відноситься до кларенів і дюрено-кларенів.

В цілому вугілля шару k_2^H характеризується зниженою й середньою зольністю (7,5-10,3%), частіше середньосірчисте (до 2%), містить до 43-44% летких речовин, до 76-77% вуглецю, 5,1-5,3% водню, теплотворна здатність його 30,5-31,8 МДж/кг. Зола вугілля містить значну кількість оксиду кремнію (32-54%), менше – оксидів алюмінію (10-18%), заліза (12-24%) і кальцію (10-22%) і характеризується кислим складом. Вміст Na_2O у золі становить 3,2-10,9%, розраховуючи на вугілля – 0,1-1,3%.

Факт накопичення натрію на стадії торфоутворення підтверджується ізотопними дослідженнями пластових розсолів і порових вод вугілля Північного Донбасу, які доводять їхню генетичну єдність і седиментаційне походження [Кизильштейн и др., 1983; Федоров и др., 1983].

Основним джерелом засолення кам'яновугільних торфовищ Доно-Дніпровського палеозойського прогину, включаючи ДДз, де розвинена соляна тектоніка, була морська вода, що підтверджується значеннями хлорбромних коефіцієнтів, коефіцієнтів Вернера та Лейфмана-Вассоевича.

Враховуючи, що в межах Доно-Дніпровського прогину були постійні джерела надходження лужних металів і хлору в торфовища (морська вода або галогенні утворення девону й пермі), слід припустити, що солоне вугілля можна зустріти не тільки у відкладах карбону, але й мезо-кайнозою.

Львівський палеозойський прогин, який є південно-східною окраїною великого Львівсько-Люблінського басейну, розташований на південно-західній окраїні Східно-Європейської платформи, в області зчленування її з більш молодію Західно-Європейською платформою, у межах протяжної зони Тейссейра-Торнквіста (Транс'європейської сутурної зони), що представляє собою лінеамент, простягнутий від Північного моря до Добруджі.

У період формування палеозойського осадового чохла Львівський прогин за рівнем геодинамічної й геотермічної активності характеризувався нормальною геотермією.

У кам'яновугільний період на пізньовізейсько-пізньосерпуховському етапі торфонакопичення відбувалося на заболочених низовинах відкритого узбережжя мілкого моря, даючи матеріал для формування вугілля нижньої болотно-морської вугленосної підформації, переважно кларенового складу, відновленого й перехідного генетичних типів.

На пізньосерпуховсько-пізньобашкирському етапі на території Львівського прогину основне торфонакопичення відбувалося на заболочених приморських низовинах, розташованих на лагунно-дельтовому узбережжі мілкого моря. На цьому етапі сформувалося вугілля верхньої високовугленосної підформації в основному дюрено-кларенового складу,

перехідного й маловідновленого генетичних типів. Умови утворення карбонової вугленосної формації дозволяють розглядати її як паралічну. Ця точка зору підтверджується значеннями коефіцієнта Лейфмана-Вассоевича, розрахованого за даними елементного складу органічної речовини. Для верхньої підформації коефіцієнт, розрахований для вугілля шарів n_7-n_8 Львівського прогину, у середньому становить 0,53. Значення коефіцієнта свідчить, що торфовища формувалися з рослин наземного походження під впливом морських умов.

У нижній вугленосній підформації середній по пластах вміст вітриніту становить 77-78%, інертиніту – 16-20%, екзиніту – 0,5-10%. По співвідношенню мікрокомпонентів переважає кларенове й дюрено-кларенове вугілля з ліпоїдними й фюзенізованими компонентами.

У верхній вугленосній підформації середні вмісти вітриніту коливаються в межах 72-76%, кількість інертиніту становить 16-17%, екзиніту – 6-10%. По співвідношенню мікрокомпонентів переважає дюрено-кларенове вугілля з фюзенізованими й ліпоїдними компонентами, меншою мірою спостерігаються кларено-дюрени.

Якісні характеристики вугілля карбону в межах Львівського прогину змінюються вниз по стратиграфічному розрізу та з північного сходу на південний захід у міру збільшення ступеню їх вуглефікації. У нижній вугленосній підформації в цьому напрямку зменшуються вологість від 2,1-2,4% у довгополуменового вугілля Ковельської площі і Нововолинського геолого-промислового району до 0,6-0,9% у жирному вугіллі на південному заході басейну, вихід летких відповідно змінюється від 39,3-43,8 до 28,6-35,5%, вміст вуглецю збільшується від 74,6 до 85,8-88,4%. Вугілля переважно сірчисте, рідше багатосірчисте (Нововолинський район). Чітко вираженої закономірності в розподілі сірки не спостерігається. Зольність змінюється в межах 16,3-24,2%, зазвичай зменшуючись від нижніх світ до верхніх (від високозольних до середньозольних) і незакономірно змінюється по площині.

У верхній вугленосній підформації Львівського прогину показники якості вугілля також змінюються з північного сходу на південний захід від Нововолинського до Південно-Західного району: вологість від 3,5-4,0% до 1,5%, леткі від 38,8-41,7% до 31,0-34,7%, вміст вуглецю від 78,1-80,4 до 85,7%, зольність від 10,1-12,6 до 10,3-14,2%. Зольність має тенденцію зменшуватися вгору по розрізу.

В умовах формування паралічних відкладів раннього-середнього карбону торфовища Львівського прогину в стадію седиментодіагенезу збагачувалися натрієм. По співвідношенню K^+/Na^+ вугілля відноситься до солоного.

Води кам'яновугільних відкладів центральної частини Львівської крейдової мульди відносяться до похованих реліктових седиментогенних розчинів, що може свідчити про збагачення торфовища натрієм у стадію седиментодіагенезу.

Солоним, можливо, є міоценове буре вугілля Львівсько-Волинського

басейну, джерелом засолення якого була морська вода.

Переддобруджинський палеозойський прогин, що представляє собою південну частину монокліналі Дністровсько-Прутського межиріччя, розташований у межах зони Тейссейра-Торнквіста, замикаючи західну границю Східно-Європейської платформи.

У період формування палеозойського осадового чохла Переддобруджинський прогин найбільш напружений тепловий режим зазнавав у зв'язку з герцинською активізацією, коли регіон характеризувався високими палеогеотермічними градієнтами й відносився за рівнем геодинамічної й геотермічної активності до гіпертермічних.

У кам'яновугільний період на пізньовізейсько-пізньосерпуховському етапі в Переддобруджинському прогині торфонакопичення відбувалося на заболочених низовинах відкритого узбережжя мілкого моря, даючи вихідний матеріал для формування вугілля нижньої болотно-морської вугленосної підформації, переважно кларенового складу, відновленого й перехідного генетичних типів.

Умови утворення карбонової вугленосної формації регіону дозволяють розглядати її як паралічну, що підтверджується значеннями коефіцієнта Лейфмана-Вассоевича, розрахованого за даними речовинного складу органічної речовини. Для нижньої вугленосної підформації цей коефіцієнт для вугілля візейських відкладів (Переддобруджинський прогин, св. 368) становить 0,54, що свідчить про формування торфовищ із рослин наземного походження під впливом морських умов.

У нижній вугленосній підформації середній по пластах вміст вітриніту варіює від 75 до 89%, вміст інертиніту становить 10-24%, екзиніту – 0,5-10%. По співвідношенню мікрокомпонентів переважає кларенове й дюрено-кларенове вугілля з ліпоїдними й фіузенізованими компонентами.

Якісні характеристики вугілля визначаються петрографічним складом й ступенем його вуглефікації, обумовленим палеоглибиною занурення палеозойської товщі порід. Вологість зменшується від 1,9-6,0% у довгополуменовому вугіллі до 0,7-0,8% у жирному і коксовому. Відповідно вихід летких скорочується від 40,4-46,3% до 27,8-28,8%, вміст вуглецю збільшується від 80,1-81 до 89,6%. Вугілля змінюється від малосірчастого (0,5-1,5%) до високосірчастого (3,6-6,1%), по вмісту золи – від малозольного (2,7-6,0%) до високозольного (24,0-47,7%). Чітко вираженої закономірності в розподілі сірки й зольності не встановлено [Ivanova et al., 1998].

В умовах формування паралічних відкладів раннього карбону торфовища Переддобруджинського прогину в стадію седиментодіагенезу збагачувалися натрієм, джерелом якого була морська вода. По співвідношенню K^+/Na^+ вугілля відноситься до солоного.

Режим геотектонічного розвитку **буровугільних родовищ палеоген-неогенового віку** був визначальним фактором, який обумовив обстановки торфонакопичення, формування петрографічного складу і якості бурого вугілля.

У міоценових відкладах **Дністровсько-Прутського межиріччя** (Нижняпрутський виступ) буровугільна органіка представлена гумусовим вугіллям кларенового складу. Це вугілля як по абсолютному вмісту натрію, так і по співвідношенню K^+/Na^+ є солоним. Джерелом його засолення були води мілкого середньо-верхньоміоценового моря.

На території **Ільницького родовища Закарпатського внутрішнього прогину** торфонакопичення у левантинський вік відбувалося в умовах розчленованого рельєфу передгір'я на озерно-алювіальних і прибережно-дельтових рівнинах при активному синхронному прояві вулканічної діяльності, про що на макрорівні свідчить наявність вулканічного попелу у вугіллі й перешарування вугільних шарів з туфогенним матеріалом.

Встановлено, що міоценове буре вугілля родовища Ільниця, що відноситься до класу гелітолітів, у складі яких переважають геліфіковані мікрокомпоненти, є солоним (кількість окису натрію в сумі з окисом калію досягає 9%). Основним джерелом засолення торфовищ стали продукти вулканічної діяльності, що підтверджується наявністю у вугіллі в кількостях вище кларкових рідкісних елементів, пов'язаних із продуктами вулканічної діяльності та з привнесенням за рахунок вилуговування магматичних порід середнього й основного складу. Про це свідчить також порівняння вугілля Ільниці з одновіковим бурим вугіллям родовища Вішонта, розташованого в межах Паннонського басейну, який містить 0,5-0,9% окису натрію і не є солоним. Торфонакопичення, як і в Ільниці, відбувалося тут в умовах розчленованого рельєфу передгір'я на озерно-алювіальних і прибережних дельтових рівнинах, але без проявів вулканізму.

Буре вугілля еоценового віку **родовища Верхньодніпровського Дніпровського буровугільного басейну**, що відноситься до класів гелітолітів і ліпоїдолітів із вмістом геліфікованої речовини від 50 до 96%, несе ознаки засолення, а по співвідношенню калію до натрію є солоним. Значення коефіцієнта Лейфмана-Вассоевича, розраховані за даними речовинного складу органічної речовини вугілля і в середньому не перевищуючі 0,54, свідчать про формування торфовища з рослин наземного походження під впливом морських умов. Це підтверджує точку зору прихильників формування торфовищ Дніпробаса у прибережно-морській обстановці.

Гідрогеологічні умови Верхньодніпровського геолого-промислового району досить складні. Водоносні горизонти бучакських і крейдових відкладів і тріщинних вод кристалічного фундаменту часто гідравлічно взаємозалежні й розвантажуються у прилягаючий артезіанський басейн, сприяючи розсоленню вугілля.

Розділ 3. Умови формування солоного вугілля.

У розділі розглянуті геолого-генетичні й петрохімічні фактори засолення торфовищ, а також форми зв'язку натрію й хлору з органічною речовиною вугілля.

Дані по геологічній будові родовищ, фаціальних умовах накопичення вугленосних відкладів і геохімічних особливостях вугілля й вміщуючих його порід дають можливість зробити деякі висновки про генезис солоного вугілля. З цього питання серед дослідників склалося дві точки зору: епігенетичного й седиментодіагенетичного засолення вугілля.

Згідно з першою, засолювалося вже сформоване вугілля під впливом високомінералізованих підземних вод при проникненні їх у вугільні шари по тріщинах. Відкидається можливість засолення в торф'яну стадію у зв'язку з «непроникністю» торфовища для морських вод. Стверджується, що високий вміст солі спостерігається лише в бурому і кам'яному найменш метаморфізованому вугіллі, газове ж вугілля вже не здатне у великих кількостях сорбувати сіль із водяних розчинів.

У відповідності до другої концепції стадія седиментодіагенезу найбільш сприятлива для засолення органічної речовини у зв'язку з її високою реакційною здатністю і оптимальними умовами для контактування й взаємодії із хімічними елементами, що надходять. Саме на стадії торфовища органічна речовина має найвищу здатність до сорбції, найбільш високі іонообмінні властивості й можливості зв'язування з хімічними елементами, що привносяться, через що створюються особливо сприятливі обставини для засолення органічної речовини за умов наявності джерела надходження солі. Таким джерелом у паралічних басейнах є морська вода, в областях розвитку галогенних відкладів джерелом засолення торфовищ можуть бути продукти їх руйнування, у регіонах із проявами магматизму – похідні магматичної й постмагматичної діяльності.

Аналіз фаціальних умов накопичення вугленосних відкладів палеозойських прогинів України і палеоген-неогенових буровугільних родовищ Переддобрудж्या і Верхньодніпровського родовища, фізико-хімічних властивостей торфів і петрохімічних характеристик вугілля дозволив авторам стверджувати, що морська вода була основним джерелом надходження натрію й хлору (натрій і хлор другої і третьої генерацій – див. нижче).

В роботі обґрунтовано, що легкорозчинні солі рослин-торфоутворювачів не відіграли помітної ролі в засоленні органічної речовини, тому що в значній мірі виносилися в стадію торфовища [Іванова, Кривега, 1985; Юдович, Кетрис, 2015], а високий ступінь розкладання рослинної маси в торфовищі не міг стати перешкодою для надходження в нього більш важких солоних вод при трансгресії моря. Це рівною мірою відноситься й до ДДз, яка є областю розвитку соляного тектогенезу, де основним джерелом засолення кам'яновугільних торфовищ також слід вважати морську воду. Це підтверджується коефіцієнтами відношення хлору до бромів, значення яких з усією очевидністю свідчать, що підвищений вміст у вугіллі натрію за рахунок галогенних утворень, що вилуговуються, виключений. Вивчення хімізму підземних вод [Подземные воды., 1970; Терещенко, 2014] у відкладах від нижньовізейського до московського ярусів, що залягають на глибині 5,2-6,3 км у приосьовій південно-східній й середній частинах ДДз, і у відкладах

візейського, серпуховського й башкирського ярусів, що залягають на глибині від 1,3 до 3,5 км на північному заході западини, показало, що в кам'яновугільних товщах западини в основному поховані високомінералізовані хлор-натрієвого типу підземні води, що представляють собою седиментогенні розсоли, похідні нормальної морської води. Бром у седиментогенних розсолах має в основному морське походження, і його концентрація є показником ступеня осолонення води басейну седиментації. Про це свідчать значення хлорбромних коефіцієнтів від 4,2 до 771,4, характерні для залишкового сольового комплексу морського генезису.

Таким чином, протягом усієї ранньокам'яновугільної епохи й башкирського віку середнього карбону основним джерелом засолення торфовищ Доно-Дніпровського прогину послуговувала морська вода. З московського віку умови паралічного осадкоутворення зберігалися лише на південному сході ДДз і в Донбасі, де так само, як показано вище, пріоритет у засоленні торфовищ належить морській воді.

Петрохімічними характеристиками досліджуваного вугілля, які геохімічно інтерпретуються як доказ накопичення в ньому натрію й хлору в стадію торфовища, є:

- приналежність натрію разом з кальцієм, магнієм і сіркою до сорбційних мінеральних компонентів, утворених з водяних розчинів у синдіагенетичну стадію;
- зворотній зв'язок вмісту натрію із зольністю;
- приналежність натрію до геохімічної асоціації золотворюючих компонентів, що не узгоджуються із профілями зольності;
- переважне накопичення натрію у вітриніті й відсутність ознак зв'язку з іншими мікрокомпонентами;
- логнормальний розподіл зольності, вмістів натрію, хлору й сірки.

Про включення в структуру вугілля натрію на стадії торфовища свідчать і рентгеноструктурні дослідження (залежність міжшарової відстані d_{002} від вмісту натрію у вугіллі) [Шендрік, 1999].

Слід зазначити, що відхилення від логнормального розподілу пов'язані із впливом накладених процесів. Причому розподіл натрію, на відміну від розподілу зольності, являє собою результат змішання в різних співвідношеннях трьох незалежних генеральних сукупностей з різними параметрами. На діаграмі розподілу вони проявляються по зламах лінії графіка накопиченої частоти або по лівосторонній асиметрії й гостровершинності кривої частоти розподілу.

Незначний вміст натрію в першій генерації, що не перевищує 3-5%, дозволяє припустити, що він входить до складу біогенної золи, походження якої пов'язане із прижиттєвою акумуляцією елемента рослинами-торфоутворювачами. Друга генерація натрію відповідає, мабуть, тій його частини, яка надійшла в органічну речовину в стадію седиментогенезу й раннього діагенезу. Третя генерація пов'язана з натрієм, який накопичився в

стадію пізнього діагенезу, після припинення торфонакопичення внаслідок трансгресії моря.

Аналіз залежності між вмістом натрію і мінералізацією підземних вод на локальних ділянках говорить про відсутність між ними кореляційних зв'язків, що побічно свідчить, очевидно, про те, що підземні води через застійний режим фактично не відіграють на сучасному етапі значної ролі в обмінних процесах у системі вода-вугілля.

Висока кореляційна залежність вмісту натрію й хлору з хімічним складом підземних вод, яка багатьма дослідниками розглядається як доказ епігенетичного засолення вугілля, не є таким й свідчить лише про цілком природній рівноважний стан системи вугілля-вода. Седиментаційне походження пластових розсолів і їх генетичне споріднення з поровими водами вугілля підтверджує факт накопичення натрію на стадії торфоутворення.

Таким чином, більшість із розглянутих фактів, отриманих при аналізі геологічної будови, фаціальних умов накопичення вугленосних відкладів і їх геохімічних особливостей узгоджуються з уявленнями, що ґрунтуються на концепції засолення в стадію седиментодіагенезу.

Щодо форм зв'язку натрію і хлору з органічною речовиною вугілля [Юдович, Кетрис, 2005; Gołda et al., 2011; Hodges et al., 1983; Li, 2007 та ін.] можна констатувати наступне. Натрій вміщується у вугіллі у вигляді іонів у складі порового флюїду або адсорбованих на поверхні пор. Іони натрію можуть перебувати в стехіометричному співвідношенні з аніонами хлору або сульфату-іону, що має місце на Новомосковському родовищі. Це натрій водорозчинний, вміст якого становить у бурому вугіллі 15-20%, у кам'яному – від 60-85 до 100%.

Натрій може входити у поглинаючий комплекс органічної речовини вугілля, він не розчинний у воді. Його частка становить до 80-85% у бурому вугіллі і може знижуватися аж до нульових значень у кам'яному.

Хлор утримується у вигляді іонів у складі порового флюїду, перебуваючи в стехіометричній рівновазі з катіонами натрію. Надлишкова кількість хлору може бути сорбована на поверхні пор і здатна до іонного обміну, частково хлор може бути представлений нерозчинними у воді хлорорганічними сполуками.

Розділ 4. Роль постдіагенетичних процесів в еволюції солоного вугілля.

У розділі обґрунтовується положення, що при метаморфізмі, що веде до перетворення молекулярної й надмолекулярної структури речовини вугілля, при відповідному тектонічному режимі, що визначає фізичні й реологічні властивості вугілля й гідрогеологічні умови вуглепородного масиву, відбувається втрата натрію в хлоридній і гуматній формах.

Втрата натрію в хлоридній формі при переході торфу в антрацит становить не більше 90%, що є однією із причин збереження солей у кам'яному вугіллі усіх стадій метаморфізму аж до антрацитів.

Вилуговуюча дія метаморфізму на солоне вугілля підтверджена визначенням вмісту Na_2O у пробах вугілля однакового петрографічного складу, відібраних по стратиграфічному розрізу, і в середньопластових пробах вугілля, що містять 60-70% вітриніту, але знаходяться на різних рівнях вуглефікації. Знесолююча дія катагенезу засвідчується також високою від'ємною кореляційною залежністю вмісту натрію і хлору з показником відбиття вітриніту, отриманою для вугілля від бурого до газового у моноклінально залягаючих кам'яновугільних відкладах Новомосковського й Червоноармійського вуглепромислових районів Донбасу ($r = -0,75$ при $n = 102$). Для жирного вугілля Центрального вуглепромислового району коефіцієнт кореляції між цими показниками також досить значимий ($r = -0,58$ при $n = 36$), хоча й менший у зв'язку з невеликим діапазоном зміни показника відбиття вітриніту.

Показовою є ступінь залежності параметрів солоність-глибина в межах одного шару зі значно змінною глибиною залягання. Шар c_1 залягає на глибинах від 110-200 на півдні до 1350-1430 м на півночі Новомосковського родовища з мінералізацією підземних вод, що зростає відповідно від 40 до 140 г/л. Досить висока зворотня кореляційна залежність зазначених параметрів ($r = -0,51$ при $n=111$) пояснюється тим, що при значних відмінностях у глибині суттєво проявляється дія метаморфізму, ступінь якого в напрямку з півдня на північ збільшується від БД (перехідного від бурого до довгополуменевого) до Д (довгополуменевого вугілля).

Гідрогеологічна обстановка сприяє або збереженню солей в умовах застійного режиму, або знесоленню в умовах активного водообміну. У певних умовах може залишатися солоним й вугілля високого ступеня вуглефікації. Прикладом може служити вугілля від газового до пісного кам'яновугільних басейнів Великобританії, від довгополуменевого до антрацитів Остравсько-Карвинського басейну Чехії, від довгополуменевого до жирного (можливо, до антрацитів) Рурського басейну Німеччини, жирне й коксове вугілля Іллінойського басейну США, коксове Карагандинського басейну Казахстану, високометаморфізоване вугілля Донбасу.

Знесолення вугілля Донбасу під дією метаморфізму й наступної інверсії повинне було призвести до вивільнення значної кількості кам'яної солі. Орієнтовний розрахунок кількості хлористого натрію, що виділився з поровою водою в процесі катагенетичних перетворень вугленосної товщі, показав, що в процесі інверсії Донбасу, за умови розмиву товщі потужністю 6 км, кількість солі, що виділилася й поповнила ранньопермський евапоритовий басейн, склала близько 2 трлн. т.

В зв'язку з тим, що масове виділення продуктів метаморфізму відбувається на початку або в середині інверсії, початок її, швидше за все, відносився до часів, що передували накопиченню соленосних нижньопермських відкладів або збігалися з ним. У такому випадку, виходячи з концепції седиментодіагенетичного засолення вугілля, його еволюції під дією метаморфізму й зміни тектонічного положення вуглепородного масиву,

правомірно стверджувати, що інверсія Донбасу відбулася на рубежі С-Р (уральська фаза тектогенезу).

З точки зору десцендентної гіпотези пермський евапоритовий басейн, у якому хемогенно-галогенні відклади накопичувалися в період формування складчастого спорудження Донбасу, що супроводжувалося знесоленням і руйнуванням складаючих його порід, є десцендентно-седиментаційним.

Розділ 5. Проблеми й перспективи освоєння солоного вугілля.

У розділі розглядаються роль сполук лужних металів в утворюванні золових відкладів на поверхнях нагрівання котлоагрегатів, корозійні властивості солоного вугілля, хіміко-технологічні критерії класифікації вугілля по солоності й перспективи його використання.

Необхідність всебічного вивчення солоного вугілля у значній мірі визначається технологічними задачами. Незважаючи на те, що по основних якісних показниках солоне вугілля є цінною енергетичною сировиною, воно дотепер перебуває за рамками промислового освоєння у зв'язку з підвищеним вмістом у ньому натрію й хлору. При спалюванні вугілля ці елементи призводять до зашлаковування поверхонь нагрівання парових котлів, корозії їх металевих частин і теплоізоляційних карборундових матеріалів [Булле, Мюллер, 1986; Иванова, Кривега, 1985; Клер и др., 1987; Лебедев и др., 2012; Отс, 1977; Hatt, Mann, 2015; Kung, 2012; Li, 2007; Oleschko et al., 2007; Pelagalli et al., 1982; Vuthaluru, French, 2008 та ін.], а також до виділення токсичних мікроелементів і хлорвмісних летких сполук [Зайковский и др., 1991; Шендрік, 1999 та ін.].

Думки про класифікацію солоного вугілля за критеріями його придатності для використання досить суперечливі. До солоного пропонується відносити вугілля із вмістом загального натрію в золі вище 1%, вище 2%, загального натрію на безводне вугілля понад 0,4 або понад 0,7%. На думку автора дисертації, найбільш об'єктивним критерієм солоності по лужних металах слід вважати співвідношення $K^+/Na^+ < 1$ [Клер и др., 1988], яке свідчить про наявність в органічній речовині вугілля натрію, який не входить у тугоплавкі алюмосилікати, що призводить до його переходу в газову фазу при температурі нижче топкової (750-850°C).

По вмісту хлору непридатним для використання вважається вугілля, що містить хлору більше 0,5%. Ряд дослідників, ґрунтуючись на значному досвіді роботи з вугіллям, що містить від менш 0,1% до більш ніж 0,3% хлору, робить висновок про відсутність прямого зв'язку між вмістом хлору й ступенем корозії котла. Тому, враховуючи надзвичайну складність фізичних і хімічних процесів у котлоагрегатах і вплив на ці процеси безлічі факторів, вважають, що виділяти граничне значення по вмісту хлору недоцільно [Hatt, Mann, 2015].

Вивчення солоного вугілля для його практичного освоєння в Україні й за рубежом проводилося в напрямку пошуку методів його безпосереднього використання без знесолення для спалювання на теплоелектростанціях,

піролізу, газифікації, зрідження, напівкоксування, комплексної переробки з виділенням гуматів, для одержання адсорбентів та ін. Для поліпшення енергетичних показників солоного вугілля і для переводу натрію в тугоплавкі сполуки було запропоновано його розубожування за допомогою глини або каоліну та пропонувалися різні добавки (силікати лужних металів, кремнієві кислоти, оксид магнію, оксид кальцію, вермікуліт та ін.). Робилися спроби спалювання солоного вугілля у спеціально сконструйованих котлоагрегатах і в топках, обладнаних обдувочними апаратами для парового очищення екранів і т.п.

Інший напрямок передбачає попереднє знесолення для одержання стандартного продукту. Основна увага приділялася облагороджуванню вугілля за допомогою водного промивання, суміщенню його з гідротранспортуванням, а потім з масляною агломерацією. Уживали також спроби знесолення солоного вугілля за допомогою іонообміну, що економічно себе не виправдали.

Розв'язок завдання, на думку автора, ускладнюється тим, що умови видалення з вугілля хлору відрізняються від умов видалення з нього натрію як при термообробці, так і при водному вилугуванні.

По гірничо-геологічних умовах родовища солоного вугілля придатні для підземної газифікації. Були проведені дослідження з розробки наукових основ підземної газифікації солоного вугілля Північного Донбасу. Однак розроблені проекти не були реалізовані. Проведені дослідження з наземної й підземної переробки солоного вугілля обмежуються лабораторними й полігонними випробуваннями. Промислових екологічно прийнятних технологій освоєння солоного вугілля і методів його очищення для одержання облагородженого палива поки не запропоновано.

ВИСНОВКИ

На підставі проведених досліджень й узагальнення матеріалу по геологічній будові й гідрогеологічних умовах родовищ солоного вугілля у різних регіонах України й за рубежом, загальній фаціальній обстановці торфонакопичення, геохімічних особливостях вугілля і закономірностях його поширення обґрунтована концепція седиментодіагенетичного засолення вугілля, згідно з якою стадія седиментодіагенезу найбільш сприятлива для засолення органічної речовини у зв'язку з її високою реакційною здатністю й оптимальними умовами для контактування й взаємодії із хімічними елементами, що надходять.

Ґрунтуючись на сучасному рівні вивченості вугільних родовищ і басейнів, можна виділити геологічні обстановки, що призводять до збагачення торфовищ натрієм і хлором. У паралічних басейнах, вугленосні відклади яких утворювалися в прибережно-морських і лагунових умовах седиментації, джерелом засолення була морська вода, в областях розвитку галогенних відкладів джерелом засолення можуть бути продукти їх руйнування, у

регіонах із проявом магматизму – похідні магматичної й постмагматичної діяльності.

Показово, що в сучасній геологічній обстановці деяких родовищ вугілля із підвищеним вмістом натрію немає джерела солей, яке можна було б розглядати в якості фактора їх епігенетичного засолення. Гідрогеологічні умови вугленосних товщ, що містять солоне вугілля, характеризуються наявністю не тільки високомінералізованих, але й прісних і слабомінералізованих вод. У першому випадку має місце застійний гідрогеологічний режим, що сприяє збереженню седиментогенних вод і засоленості вугілля, у другому – створюються умови, що сприяють розсоленню вугілля.

Родовища солоного вугілля відомі у відкладах усіх систем (від кам'яновугільної до неогенової), їх утворення – закономірний наслідок певних умов геологічного минулого Землі, зокрема періодів активізації ендегенних процесів, що супроводжуються трансгресіями й регресіями моря й інтенсивною вулканічною діяльністю.

Режим геодинамічного розвитку палеозойських прогинів України визначив утворення карбонівих вугленосних відкладів паралічного типу. В умовах формування паралічних відкладів торфовища в стадію седиментодіагенезу збагачувалися натрієм, поклавши початок проявам і родовищам солоного вугілля.

Всебічний аналіз наявних даних, в тому числі із залученням апарату математичної статистики, дозволив виявити взаємозв'язок між хімічними компонентами, виділити їхні геохімічні асоціації і якоюсь мірою з'ясувати причинно-наслідкові зв'язки між обстановкою формування солоного вугілля і його петрохімічними параметрами. Вказані параметри, що характеризують зв'язки та розподіл золотворюючих компонентів і зольності, а також фізичні параметри по результатах рентгеноструктурних досліджень геохімічно трактуються як докази накопичення солі в стадію торф'яника (див. розділ *Умови формування солоного вугілля*).

Факт накопичення натрію й хлору на стадії торфоутворення підтверджується ізотопними дослідженнями пластових розсолів і порових вод вугілля Північного Донбасу, які доводять їхню генетичну єдність і седиментаційне походження, а також даними хімічного складу підземних вод Західного Донбасу, що свідчать, що вони являють собою залишковий морський сольовий комплекс седиментаційного генезису.

Основним джерелом засолення кам'яновугільних торфовищ палеозойських прогинів України, включаючи ДДЗ, де розвинена соляна тектоніка, була морська вода, що підтверджується значеннями хлорбромних коефіцієнтів і коефіцієнтів Лейфмана-Вассоевича.

Режим геотектонічного розвитку буровугільних родовищ палеоген-неогенового віку України обумовив обстановки торфонакопичення й джерела їх засолення, а саме: морська вода – для міоценових торфовищ Переддобруджинського прогину й еоценових торфовищ

Верхньодніпровського родовища, продукти вулканічної діяльності – для міоценових торфовищ Закарпаття.

Дослідження форм зв'язку натрію й хлору з органічною речовиною вугілля дозволили констатувати наступне:

- натрій може міститися у вугіллі у вигляді іонів у складі порового флюїду або адсорбованих на поверхні пор; це водорозчинний натрій;
- натрій може входити у поглинаючий комплекс органічної речовини вугілля; це натрій, нерозчинний у воді;
- хлор може міститися у вигляді іонів у складі порового флюїду або сорбованих на поверхні пор. Частково хлор може бути представлений нерозчинними у воді хлорорганічними сполуками.

Подальша еволюція солоного вугілля безпосередньо пов'язана з тектонічним розвитком регіонів, наслідком якого є той або інший ступінь метаморфічного перетворення вугілля. При подальшій зміні тектонічного режиму, що визначає фізичні й реологічні властивості вугілля і гідрогеологічні умови вуглепородного масиву, які сприяють виносу продуктів метаморфізму, відбувається втрата натрію в хлоридній і гуматній формах, що веде до розсолення вугілля.

Вилуговуюча дія метаморфізму на солоне вугілля підтверджується зменшенням вмісту Na_2O у пробах вугілля із однаковим петрографічним складом вниз по стратиграфічному розрізу, а також високою негативною кореляційною залежністю вмісту натрію й хлору з показником відбиття вітриніту.

З позицій седиментодіагенетичного засолення вугілля можна ефективно вирішувати цілий ряд різних геологічних задач, наприклад, відновлення палеогеографічної обстановки формування вугленосних відкладів, прогнозування наявності солоного вугілля у тому або іншому регіоні або геологічній формації, кореляцію геологічних подій та історії геотектонічного розвитку вугленосних басейнів, уточнення сольового балансу евапоритових басейнів та ін.

З погляду на це, залучивши розроблений інструментарій, можна встановити, що інверсія Донбасу відбулася на рубежі С-Р (уральська фаза тектогенезу). Знесолення вугілля Донбасу під дією вище зазначених факторів мало привести до звільнення близько 2 трлн. т. кам'яної солі, що поповнила ранньопермський евапоритовий басейн. Ранньопермський евапоритовий басейн Доно-Дніпровського прогину, у якому хомогенно-галогенні відклади накопичувалися в період формування складчастого спорудження Донбасу, є десцендентно-седиментаційним, одним із джерел надходження солей у який була товща вугленосних відкладів карбону, що руйнувалася.

Геологічна сторона проблеми солоного вугілля тісно пов'язана з технологічними завданнями його освоєння. Розробка методів освоєння солоного вугілля іде у двох напрямках: пошуків методів його безпосереднього використання без попереднього знесолення й пошуків способів його

знесолення для одержання стандартного продукту. З погляду автора дисертації, розв'язок завдання ускладнюється тим, що умови видалення з вугілля хлору відрізняються від умов виділення з нього натрію як при термообробці, так і при водному вилуговуванні.

Найбільш об'єктивним критерієм солоності по лужних металах слід вважати співвідношення $K^+/Na^+ < 1$, яке свідчить про наявність в органічній речовині вугілля натрію, який не входить у тугоплавкі алюмосилікати, що призводить до його переходу в газову фазу при температурі нижче топкової (750-850°C). Граничне значення по вмісту хлору, враховуючи надзвичайну складність фізичних і хімічних процесів у котлоагрегатах і вплив на ці процеси безлічі факторів, виділяти недоцільно.

Уперше акцентується увага на тій принциповій обставині, що буре й кам'яне вугілля вимагає різного підходу при розробці методів його знесолення, тому що натрій, що міститься в ньому, має з органічною речовиною різні форми зв'язку: у бурому вугіллі переважає натрій у складі нерозчинних у воді гуматів, у кам'яному вугіллі превалює натрій у водорозчинній формі.

Теоретичні й експериментальні роботи повинні бути спрямовані на пошук методик освоєння й знесолення вугілля, що відповідають певним вимогам з погляду економічності, комплексності використання сировини й охорони навколишнього середовища і дозволять успішно розв'язати проблему використання солоного вугілля і перевести його запаси із проблематичного в реальний резерв паливно-енергетичних ресурсів.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії, брошури

1. Игнатченко Н.А. Петрология углей карбона Днепровско-Донецкой впадины / Н.А. Игнатченко, Л.Б. Зайцева, А.В. Иванова. – К.: Наукова думка, 1979. - 134 с. (Особистий внесок – аналіз фактичного матеріалу, оцінка метаморфізму і якості вугілля карбону).
2. Пожидаев С.Д. Методические разработки по изучению соленых углей Западного Донбасса. / [С.Д. Пожидаев, Р.А. Грицай, А.В. Иванова и др.] – К.: Наукова думка, 1981. - 56 с. (Особистий внесок – аналіз фактичного матеріалу по солоному вугіллю).
3. Иванова А.В. Соленые угли Западного Донбасса (условия формирования и проблемы использования). / А.В. Иванова, Т.А. Кривега. – К.: Наукова думка, 1985. - 124 с. (Особистий внесок – характеристика геологічної будови, умов формування родовищ солоного вугілля і факторів засолення торфу, розробка концепції седиментодіагенетичного засолення вугілля).
4. Иванова А.В. Катагенетические преобразования вмещающих пород и углефицированного органического вещества // Геология и

- нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины. Нефтегазоносность / А.В. Иванова. – К.: Наукова думка, 1989. - С. 103-115.
5. Иванова А.В. Закономерности изменения состава и свойств углей карбона / А.В. Иванова, Н.А. Игнатченко, Л.Б. Зайцева, С.М. Бушак // Угленосные формации и вещественный состав углей Днепровско-Донецкой впадины. – К.: Наукова думка, 1990. - С. 137-188. (Особистий внесок – встановлення генезису вугілля, прогноз якості).
 6. Иванова А.В. Состав, качество, метаморфизм и генезис углей / А.В. Иванова, Л.Б. Зайцева, В.С. Савчук, Б. Птак // Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов. – К.: Варта, 2007. - С. 237-257. (Особистий внесок – аналіз фактичного матеріалу, характеристика якості, метаморфізму та генезису вугілля).
 7. Радзівілл А.Я. Геологія вуглегазових басейнів (провінцій) України. / А.Я. Радзівілл, А.В. Иванова, Л.Б. Зайцева. – К.: Логос, 2007. - 180 с. (Особистий внесок – характеристика факторів газоносності та ролі мікрокомпонентів вугілля у генерації та сорбції вуглеводнів, розрахунок кількості генерованого вугільною органікою метану).
 8. Иванова А.В. Каталог показателей отражения витринита угольной органики осадочной толщи Доно-Днепровского и Преддобруджинского прогибов с установленными палеогеотермическими градиентами и амплитудами вертикальных перемещений тектонических структур / А.В. Иванова. НАН Украины. - К.: Ин-т геол. наук, 2012. - 100 с.
 9. Етапи утворення вуглецевих формацій в геологічних структурах України. / [А.Я. Радзівілл, В.Ф. Шульга, А.В. Иванова та ін.] - К.: LAT&K, 2012. - 215 с. (Особистий внесок – характеристика герцинського, кимерійського та альпійського етапів формування вугленосних формацій палеозойських прогинів і умов засолення вугілля).

Статті у фахових виданнях

10. Иванова А.В. Геолого-генетические факторы засоления углей Западного Донбасса / А.В. Иванова // Доклады АН УССР, сер. Б. - 1983. - № 3. - С. 12-17.
11. Иванова А.В. Петрохимические факторы засоления углей Западного Донбасса / А.В. Иванова // Доклады АН УССР, сер. Б. - 1983. - № 5. - С. 6-9.
12. Иванова А.В. Зависимость плавкостных свойств золы соленых углей Западного Донбасса от ее химического состава / А.В. Иванова, Л.Г. Бореико // Химия твердого топлива. - 1984. - № 2. - С. 46-48. (Особистий внесок – аналіз факторів, що впливають на температуру плавкості золи солоного вугілля).
13. Иванова А.В. Геолого-генетические и петрохимические факторы засоления углей Западного Донбасса / А.В. Иванова // Геол. журн. - 1985. - № 3. - С. 25-33.

14. Иванова А.В. Закономерности изменения мощностей зон катагенеза осадочной толщи Днепровско-Донецкой впадины / А.В. Иванова // Доклады АН УССР, сер. Б. - 1986. - № 4. - С. 12-16.
15. Иванова А.В. Геологическая природа катагенетических преобразований пород и органического вещества осадочной толщи Днепровско-Донецкой впадины / А.В.Иванова, Я.В. Федорин, П.Ф. Шпак, В.С. Яценко // Доклады АН УССР, сер. Б. - 1986. - № 6. - С. 6-9. (Особистий внесок – характеристика катагенетичних перетворень осадової товщі карбону).
16. Иванова А.В. О палеогеотермическом несогласии в разрезе Днепровско-Донецкой сверхглубокой скважины (СГ-9) и его природе /А.В. Иванова, В.А. Иванишин, В.К. Тетерюк, Л.Б. Зайцева // Советская геология. - 1990. - № 9. - С. 18-21. (Особистий внесок – визначення за даними показника відбиття вітриніту палеогеотермічного неузгодження та пояснення його походження).
17. Иванова А.В. Методика обработки данных витринитовой термометрии для проведения палеогеотермических и палеотектонических реконструкций / А.В. Иванова // Геол. журнал. - 1992. - № 6. - С. 32-36.
18. Иванова А.В. Сравнительная оценка катагенеза осадочных пород регионов с различной палеотектонической активностью/ А.В. Иванова // Геол. журнал. - 1995. - № 2. - С. 33-36.
19. Ivanova A.V. Coal-bearing Carboniferous deposits of the Foredeep Dobrudja / A.V. Ivanova, L.B. Zaitseva, A. Ja. Radzivill // Geol. Journal - 1998. - № 1-2. - P. 223-228. (Особистий внесок – характеристика якості та ступеню вуглефікації органічної речовини).
20. Ivanova A.V., Change of the substantial composition and quality of coals along the stages of coal accumulation during the carboniferous in the Ukraine. / A.V. Ivanova, V.F. Shulga, L.B. Zaitseva // Zeszyty naukowe politechniki Śląskiej. Ser. Górnictwo. – Gliwice, 1999. - z. 243, №1436. - P. 73-80. (Особистий внесок – порівняльна характеристика речовинного складу вугілля карбону).
21. Иванова А.В., Особенности вещественного состава углей Львовско-Волынского, Донецкого и Преддобруджинского бассейнов /А.Иванова, Л. Зайцева, В. Шульга, С. Савчук // Доповіді НАН України. - 2001. - № 10. - С. 108-112. (Особистий внесок – встановлення особливостей речовинного складу вугілля).
22. Иванова А.В. Соленые угли Украины / А.В. Иванова // Литология и полезные ископаемые. - 2004. - № 3. - С. 298-303.
23. Иванова А.В. Якість вугілля як показник умов торфонакопичення (на прикладі родовищ Ільниць та Вішонті) / А.В. Иванова, Л.Б. Зайцева, М. Хамор-Відо, Л. Папаї // Геол. журнал. – 2004. - №3. - С. 46-51. (Особистий внесок – встановлення особливостей речовинного складу бурого вугілля Закарпаття та Угорщини).
24. Зайцева Л.Б. Порівняльна характеристика петрографічного складу бурого вугілля неогенових вугленосних формацій України та Угорщини (на

- прикладі родовищ Ільниця та Вішонта) / Л.Б. Зайцева, А.В. Іванова, М. Хамор-Відо // Геол. журнал. - 2004. - № 2. - С.73-79. (Особистий внесок – встановлення особливостей петрографічного складу вугілля неогену).
25. Ivanova A. Studies of the coal facies in Western Ukraine (the Lvov-Volyn basin) / A. Ivanova, L. Zaitseva // International Journal of Coal Geology. - 2004. - Vol. 58. - P. 67-73. (Особистий внесок – порівняльна характеристика речовинного складу вугілля карбону).
 26. Іванова А.В. Умови неогенового торфонакопичення в Закарпатському прогині та на Паннонському масиві / А.В. Іванова, Л.Б. Зайцева // Геол. журнал. - 2005. - №1. - С. 82-88. (Особистий внесок – порівняльна оцінка палеогеографічних та палеотектонічних умов торфонакопичення).
 27. Іванова А.В. Влияние окисленности углей Преддобруджинского прогиба на показатель отражения витринита / А.В. Иванова, Л.Б. Зайцева // Литология и полезные ископаемые. - 2006. - №5. - С. 489-493. (Особистий внесок – порівняльна характеристика окисдованого та неокисдованого вугілля).
 28. Іванова А.В. Газоносність вугленосної формації карбону Донбасу // Геол. журнал. - 2006. - № 4. - С. 82-86.
 29. Іванова А.В. Умови формування бурого вугілля пізньоміоценового віку в Закарпатті (родовище Бегань) / А.В. Іванова, Л.Б. Зайцева // Геол. журнал. - 2007. - №4. - С. 85-89. (Особистий внесок – порівняльна оцінка палеогеографічних та палеотектонічних умов торфонакопичення).
 30. Іванова А.В. К вопросу о типизации антраксолитов / А.В. Иванова С.А. Мачулина, Л.Б. Зайцева // Геол. журнал. - 2008. - №3. - С. 43-49. (Особистий внесок – типізація антраксолітів за ступенем постдіагенетичних перетворювань).
 31. Іванова А.В. Основные стадии эволюции углеродистых веществ от ископаемых смол до антраксолитов / А.В. Иванова // Доповіді НАН України. - 2009. - № 10. - С. 126-131.
 32. Шульга В.Ф. Климатическая зональность и петрографический состав раннекарбоновых углей Восточно-Европейской Платформы / В.Ф. Шульга, Л.Б. Зайцева, А.В. Иванова, М.Г. Панкова // Геол. журнал. - 2010. - №1. - С. 58-65. (Особистий внесок – порівняльна характеристика речовинного складу вугілля різних кліматичних умов формування).
 33. Іванова А.В. Катагенез пород фанерозоя Днестровско-Прутского междуречья по данным витринитовой термометрии / А.В. Иванова // Геол. журнал. - 2010. - № 3. - С. 43-51.
 34. Іванова А.В. Катагенез пород фанерозоя Днестровско-Прутского междуречья как следствие особенностей его геологического развития / А.В. Иванова // Доповіді НАН України. - 2011. - №1. - С. 91-97.
 35. Сябряй С.В. Сравнительная характеристика углей из верхнеплиоценовых обложений Украины и Венгрии и условия их формирования / С.В. Сябряй, А.В. Иванова, Л.Б. Зайцева // Тектоніка і стратиграфія. - 2011. - 1.

- С. 78-84. (Особистий внесок – порівняльна характеристика умов торфонакопичення).
- 36. Ivanova A. V. Epochs of the formation of amber and its distribution in nature / A. V. Ivanova, S. A. Machulina, L. B. Zaitseva // *Lithology and Mineral Resources*. - 2012. - Vol. 47. - Issue 1. - P. 18-22. (Особистий внесок – визначення генезису різновікових органічних речовин та результатів впливу на них постдіагенетичних процесів з використанням діаграми еволюції керогенів).
- 37. Іванова А.В. Роль геодинаміки в торфонакопичення та формуванні речовинно-петрографічного складу вугілля Західного Донбасу / А.В. Іванова, Л.Б. Зайцева // *Тектоніка і стратиграфія*. - 2014. - Вип. 41. - С. 40-48. (Особистий внесок – встановлення ролі геодинаміки в торфонакопиченні та формуванні речовинного складу вугілля, в тому числі солоного).
- 38. Іванова А.В. Роль геотектонічного режиму в засоленні вугілля карбону Львівського та Переддобруджинського прогинів / А.В. Іванова, Л.Б. Зайцева // *Тектоніка і стратиграфія*. - 2015. - Вип. 42. - С. 29-33. (Особистий внесок – встановлення ролі геотектонічних умов в торфонакопиченні та формуванні солоного вугілля).
- 39. Іванова А.В. Влияние геотектонических условий на формирование угленосных формаций Львовского и Преддобруджинского прогибов / А.В. Иванова // *Геол. журнал*. - 2016. - №1. - С. 36-50.

Статті у наукових виданнях

- 40. Іванова А.В. Проблема генезиса соленых углей Западного Донбасса / А.В. Иванова, Л.Б. Зайцева // К., 1982. - 55 с. - (Препринт / АН УССР, Ин-т геол. наук; 82-17). (Особистий внесок – обґрунтування засолення вугілля на стадії седиментодіагенезу).
- 41. Іванова А.В. Изучение геологических и геохимических особенностей углей Донбасса с высоким содержанием щелочей с целью подготовки рекомендаций производственным организациям / А.В. Иванова, Л.Б. Зайцева // *Результаты научно-исслед. работ (1981-1983)*. – К., 1984. - С. 46-48. – (Препринт / АН УССР, Ин-т геол. наук; 84-25). (Особистий внесок – умови засолення вугілля та аналіз ролі лужних металів і хлору при спалюванні солоного вугілля).

Матеріали і тези конференцій

- 42. Іванова А.В. К вопросу о соленых углях Донбасса / А.В. Иванова, С.Д. Пожидаев // *Угольные бассейны и условия их формирования: VI Всесоюз. угольное совещ., 1-4 окт. 1980 г.: тезисы докл.* - Львов, 1980. - Ч. 2. - С. 40-42.
- 43. Пожидаев С.Д. О генезисе соли в углях Западного Донбасса / С.Д. Пожидаев, Р.А. Грицай, А.В. Иванова // *Угольные бассейны и условия их*

- формирования: VI Всесоюз. угольное совещ., 1-4 окт. 1980 г.: тезисы докл. - Львов, 1980. - Ч. 2. - С. 100-101.
44. Иванова А.В. Изучение процессов накопления соединений щелочных металлов в углях Донбасса в связи с проблемой их промышленного использования / А.В. Иванова, Т.А. Кривега, А.К. Охотник // Ресурсы твердых горючих ископаемых, их увеличение и комплексное рациональное использование в народном хозяйстве: VII Всесоюз. угольное совещ. 8-10 сентября, 1981г.: тезисы докл. - Ростов на Дону, 1981. - Ч. 1.- С. 380-381.
 45. Иванова А.В. Условия формирования соленых углей Западного Донбасса по данным литолого-геохимического анализа / А.В. Иванова, Е.А. Сквородникова // Основные направления научно-технического прогресса при поисках и разведке твердых горючих ископаемых: VIII Всесоюз. угольное совещ. 9-11 сентября, 1986 г.: тезисы докл. - Ростов-на-Дону, 1986. - Ч. 2. - С. 138-139.
 46. Ivanova A.V. Metamorphism of coals in the differently tectonized regions of Ukraine / A.V. Ivanova // European Coal Conf. 1995: abstracts. - Prague, 1995. - P. 54.
 47. Ivanova A.V. The thermal maturity of carboniferous sedimentary rocks in the differently tectonized regions from vitrinite thermometry data (On the example of the Dnieper-Donets Depression and the Predobrudja sag) / A.V. Ivanova // XIII International Congress on Carboniferous-permian (XIII ICC-P), 28 August – 2 September, 1995: abstracts. - Krakow, 1995. - P. 57.
 48. Ivanova A.V. Forms of connection between sodium and organic mater in saline coals according to the problem of their utilization / A.V. Ivanova // Zagadnienia ekologiczne w geologii i petrologii węgla: II Konf.: abstracts. - Gliwice, 1996. - P. 47-48.
 49. Ivanova A.V., Zaitseva L.B. Geological aspects of saline coal forming in Donbass and Dniepr-Donetsk depression / A.V. Ivanova, L.B. Zaitseva // Zagadnienia ekologiczne w geologii i petrologii węgla: II Konf.: abstracts. - Gliwice, 1996. - P. 49-50.
 50. Ivanova A.V. The thermal maturity of carboniferous sedimentary rocks in the differently tectonized regions from vitrinite thermometry data (On the example of the Dnieper-Donets Depression and the Predobrudja sag) / A.V. Ivanova // Prace Państwowego Instytutu Geologicznego. CLVII Proceedings of the XIII International Congress on the Carboniferous and Permian. 28th August - 2nd September, 1995 Kraków, Poland. Warszawa, 1997. - Part 3. - P. 71-74.
 51. Ivanova A., Petrografia i metamorfizm węgla karbonu Zagłębia Dnieprowsko-Donieckiego i Zachodniego Donbasu w porównaniu z Zagłębiem Lwowsko-Wołyńskim / A. Ivanova, L. Zaitseva // Geologia formacji węglonośnych Polski: XX sympozjum 16-17 kwietnia, 1997: Materiały. - Kraków, 1997. - S. 37-39.
 52. Ivanova A.V. Previous studies of the coals of the Dnieper-Donets Depression (Ukraine) / A.V. Ivanova, L.B. Zaitseva // International Committee for coal and

- organic petrology. Commission II. Coal facies working group.: 49th Annual Meeting 20-24 October 1997: abstracts and tables - Wellington, New Zealand,. - P. 41-46.
53. Іванова А.В. Палеотемператури як фактор катагенетичних перетворень вугілля і порід / А.В. Іванова // Читання пам'яті В. Забігайла, червень 1997 р.: тези доп. - Львів, ІГГГН НАНУ, 1999. - С. 17.
 54. Ivanova A.V. Saline coals of Ukraine / A.V. Ivanova // European Coal conf. (ECC-97) 5-10 may, 1997: abstracts. - Izmir, Turkey, 1997. - P. 27.
 55. Ivanova A. Analiza porównawcza składu karbońskich węgli kamiennych zagłębi Lwowsko-Wołyńskiego, Donieckiego i Przeddobrudzanskiego / A. Ivanova, V. Shulga, L. Zaitseva et all. // Geologia formacji węglonośnych Polski: XXII Sympozjum 21-22 kwietnia, 1999: materiały. - Kraków, 1999. - S. 51-56.
 56. Ivanova A. Comparative analysis of the petrographic composition, metamorphism and origin condition of the coals of the Lvov-Volhynian and Lublin Basins / A. Ivanova, V. Shulga, L. Zaitseva [et all.] // Geologia formacji węglonośnych Polski: XXIII Sympozjum 12-14 kwietnia 2000: materiały. - Kraków, 2000. - S. 57-62.
 57. Ivanova A. Petrography and metamorphism of coals of Foredeep Dobrudzha / A. Ivanova, L. Zaitseva // 4-th European Coal Conference. Abstracts. Ustron, 2000. - P. 61-62.
 58. Іванова А.В. Солоне вугілля України та проблеми його застосування / А.В. Іванова // Геологія в XXI столітті: шляхи розвитку та перспективи. - К.: Знання, 2001. - № 1. - С. 168-176.
 59. Иванова А. Результаты исследований углей Львовско-Волынского и Люблинского бассейнов / А. Иванова, Л. Зайцева, В. Савчук // Geologia formacji węglonośnych Polski: XXIX Sympozjum 19-20 kwietnia, 2006: materiały. - Kraków, 2006. - S. 31-36.
 60. Shulga V. Climatic zonation and composition of early carboniferous coals of the East European platform / V. Shulga, L. Zaitseva, A. Ivanova, M. Pankova // 7-th European Coal Conference 26-29 August 2008: abstracts. - Lviv, 2008. - P. 113-115.
 61. Ivanova A.V. Petrographic Composition and Degree of Coal Metamorphism in Deep Levels of Donbas (on the Example of A.F. Zasyadko Coal Mine) / A.V. Ivanova, L.B. Zaitseva, I.E. Stukalova // 7-th European Coal Conference 26-29 August 2008: abstracts. - Lviv, 2008. - P. 49-50.
 62. Shulga V. About the of climate on the structure of coals (by the example of the early carboniferous of the East European platform) / V. Shulga, A. Ivanova, L. Zaitseva, M. Pankova // Geologia Formacji Węglonośnych Polski: XXXIII Sympozjum 21-22 kwietnia 2010: materiały. - Kraków, 2010. - S. 69-76.
 63. Іванова А.В. Генезис и эволюция соленых углей Украины и перспективы их освоения / А.В. Іванова // Новые идеи в науках о Земле: XI междунар. конф. 09-12 апреля, 2013: докл. в 3 т. - М., 2013. - Т.1. - С. 324-326.

64. Иванова А.В. Роль постседиментационных процессов в эволюции соленых углей / А.В. Иванова // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории: VII Всерос. литолог. совещ. 2013: тезисы докл. – Новосибирск 2013. - С. 361-363.
65. Иванова А.В. Условия формирования и проблемы освоения соленых углей Украины / А.В. Иванова // Геоэкологические проблемы углепромышленных территорий: науч. конф. с международ. участием 2015: докл. - Ростов-на-Дону, 2015. - С. 188-199.
66. Иванова А.В., Роль геотектонічного режиму в засоленні вугілля карбону Львівського та Переддобруджинського палеозойських прогинів / А.В. Иванова, Л.Б. Зайцева // Геологія горючих копалин: досягнення та перспективи: міжнарод. наук. конф. 2-4 вересня 2015 р.: тези доп. - К., 2015. - С. 46-49.
67. Stukalova I.E. Content and composition of deeply sorbet hydrocarbon gases in coals of the Donbass and degree of coal metamorphism / I.E. Stukalova, V.S. Lebedev, A.V. Ivanova., L.B. Zaitseva // XVIII International congress on the Carboniferous and Permian 11-15 August 2015: abstracts. - Kazan, Russia. 2015. - P. 187.
68. А.С. Методика обробки даних вітринітової термометрії / А.В. Иванова, В.Б. Гаврильцев. - № 32076, 15.02. 2010. Авторське право і суміжні права: офіц. бюл. Київ: Держ. департамент інтел. власності. 2012, № 28. с.109. (Особистий внесок – розробка методики).
69. А.С. Каталог показателей отражения витринита угольной органики осадочной толщи Доно-Днепровской впадины с установленными палеогеотермическими градиентами и амплитудами вертикальных перемещений тектонических структур / А.В. Иванова - №43867, 21.05.2012. Авторське право і суміжні права: офіц. бюл. Київ: Держ. департамент інтел. власності. 2012, № 28, с.109.
70. А.С. Генезис і еволюція солоного вугілля в аспекті седиментодіагенетичних та постседиментодіагенетичних перетворень органічної речовини / А.В. Иванова - № 51142, 05.09.2013. Авторське право і суміжні права: офіц. бюл. Київ: Держ. департамент інтел. власності. 2013, № 32, с.32.

АНОТАЦІЯ

Іванова А.В. Генезис і еволюція солоного вугілля України та проблеми його освоєння. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора геологічних наук за фахом 04.00.01 – загальна й регіональна геологія – Інститут геологічних наук НАН України, Київ, 2016.

Дисертація присвячена обґрунтуванню концепції засолення органічної речовини вугілля в стадію седиментодіагенезу. На підставі комплексу показників, отриманих при аналізі геологічної будови досліджуваних об'єктів,

фаціальних умов торфонакопичення, фізико-хімічних властивостей торфів і вугілля, петрохімічних характеристик вугілля, показано, що утворення солоного вугілля – закономірний наслідок певних умов геологічного минулого Землі, зокрема періодів активізації ендегенних процесів, що супроводжувалися трансгресіями й регресіями моря та інтенсивним вулканізмом. У всіх відомих випадках геоекологічні обстановки формування солоного вугілля характеризувалися наявністю джерела солей у торф'яну стадію. У паралічних басейнах таким джерелом була морська вода, в областях розвитку галогенних утворень – продукти їх руйнування, у регіонах із проявами активного магматизму – похідні магматичної і постмагматичної діяльності. Подальша еволюція солоного вугілля визначалася постдіагенетичними процесами, у першу чергу метаморфізмом, що вела до перетворення молекулярної й надмолекулярної структури речовини вугілля. При відповідному тектонічному режимі, що визначає фізичні і реологічні властивості вугілля та гідрогеологічні умови вуглепородного масиву, відбувається втрата натрію у хлоридній і гуматній формах.

Виходячи з концепції седиментодіагенетичного засолення вугілля можна ефективно вирішувати цілу низку геологічних завдань, таких як встановлення палеогеографічних умов торфонакопичення, прогнозування наявності солоного вугілля у тому чи іншому регіоні або геологічній формації, кореляцію геологічних подій і уточнення історії геотектонічного розвитку вугленосних басейнів, уточнення сольового балансу евапоритових басейнів та ін. Зокрема, підтверджене положення про морську воду як джерело засолення вугленосних покладів паралічного типу палеозойських прогинів України (Доно-Дніпровського, Львівсько-Волинського й Переддобруджинського). Підтверджується точка зору про інверсію Донбасу на рубежі С-Р (уральської фази тектогенезу). Обґрунтовується десцендентно-седиментаційний характер ранньопермського евапоритового басейну Доно-Дніпровського прогину, одним із джерел надходження солей у який була товща вугленосних покладів карбону, що руйнувалася.

Геологічна й гносеологічна сторони феномену солоного вугілля мають і чисто прикладний інтерес, будучи тісно пов'язаними з технологічними завданнями його освоєння. Виходячи з аналізу форм зв'язку натрію й хлору з органічною речовиною бурого й кам'яного вугілля оцінюється доцільність застосування тих або інших методів знесолення. Акцентується увага на тій принциповій обставині, що буре й кам'яне вугілля вимагають різного підходу при розробці методів їх знесолення, тому що натрій, що утримується в них, має з органічною речовиною різні форми зв'язку.

Ключові слова: солоне вугілля, геодинаміка, геотектоніка, геотерміка, вугленосна формація, петрографічний склад вугілля, якість вугілля, метаморфізм.

АННОТАЦИЯ

Иванова А.В. Генезис и эволюция соленых углей Украины и проблемы их освоения. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора геологических наук по специальности 04.00.01 – общая и региональная геология – Институт геологических наук НАН Украины, Киев, 2016.

Диссертация посвящена обоснованию концепции засоления органического вещества угля в стадию седиментодиагенеза. На основании комплекса показателей, полученных при анализе геологического строения изучаемых объектов, фациальных условий торфонакопления, физико-химических свойств торфов и углей, петрохимических характеристик углей, показано, что образование соленых углей – закономерное следствие определенных условий геологического прошлого Земли, в частности периодов активизации эндогенных процессов, сопровождающихся трансгрессиями и регрессиями моря и интенсивным вулканизмом. Во всех известных случаях геоэкологические обстановки формирования соленых углей характеризовались наличием источника солей в торфяную стадию. В паралических бассейнах таким источником была морская вода, в областях развития галогенных образований – продукты их разрушения, в регионах с проявлением активного магматизма – производные магматической и постмагматической деятельности.

Режим геодинамического развития палеозойских прогибов Украины определил образование каменноугольных угленосных отложений паралического типа. В условиях формирования паралических отложений торфяники в стадию седиментодиагенеза под влиянием морской воды обогащались натрием и хлором, положив начало проявлениям и месторождениям соленых углей.

Морская вода являлась основным источником засоления каменноугольных торфяников палеозойских прогибов, включая Днепровско-Донецкую впадину (ДДв), где развита соляная тектоника, что подтверждается значениями хлорбромных коэффициентов и коэффициентов Лейфмана-Вассоевича. Значения коэффициентов отношения хлора к бромю со всей очевидностью свидетельствуют, что повышенное содержание в угле натрия за счет выщелачивающихся галогенных образований исключено. Изучение химизма подземных вод в отложениях карбона показало, что в каменноугольных толщах впадины в основном захоронены высокоминерализованные, хлор-натриевого типа подземные воды, представляющие собой седиментогенные рассолы, производные нормальной морской воды. Бром в седиментогенных рассолах имеет в основном морское происхождение, и его концентрация является показателем степени осолонения воды бассейна седиментации. Об этом свидетельствуют значения хлорбромных коэффициентов от 4,2 до 771,4, характерные для остаточного солевого комплекса морского генезиса.

Таким образом, в течение всей раннекаменноугольной эпохи и башкирского века среднего карбона основным источником засоления торфяников Доно-Днепровского прогиба служила морская вода. С московского века условия паралического осадкообразования сохранялись лишь на юго-востоке ДДв и в Донбассе, где так же, как показано выше, приоритет в засолении торфяников принадлежит морской воде.

Петрохимические параметры, характеризующие связи и распределения золообразующих компонентов и зольности, а также физические параметры, полученные по результатам рентгеноструктурных исследований, геохимически интерпретируются как доказательства накопления натрия в стадию торфяника.

Факт накопления натрия и хлора на стадии торфообразования подтверждается также изотопными исследованиями пластовых рассолов и поровых вод углей Северного Донбасса, доказывающими их генетическое единство и седиментационное происхождение, а также данными химического состава подземных вод Западного Донбасса, свидетельствующими, что они представляют собой остаточный морской солевой комплекс седиментационного генезиса.

Режим геотектонического развития буроугольных месторождений палеоген-неогенового возраста Украины обусловил обстановки торфонакопления и источники их засоления, а именно – морская вода для миоценовых торфяников Преддобруджинского прогиба и эоценовых торфяников Верхнеднепровского месторождения, продукты вулканической деятельности для миоценовых торфяников Закарпатья.

Дальнейшая эволюция соленых углей определялась постдиагенетическими процессами, в первую очередь метаморфизмом, ведущим к преобразованию молекулярной и надмолекулярной структуры вещества угля. При соответствующем тектоническом режиме, определяющем физические и реологические свойства угля и гидрогеологические условия углепородного массива, происходит потеря натрия в хлоридной и гуматной формах.

Исходя из концепции седиментодиагенетического засоления углей, можно эффективно решать целый ряд различных геологических задач, таких как восстановление палеогеографических условий торфонакопления, прогнозирование наличия соленых углей в том или ином регионе или геологической формации, корреляцию геологических событий и уточнение истории геотектонического развития угленосных бассейнов, уточнение солевого баланса эвапоритовых бассейнов и др. В частности, подтверждена точка зрения о морской воде как источнике засоления угленосных отложений паралического типа палеозойских прогибов Украины (Доно-Днепровского, Львовско-Волынского и Преддобруджинского). Подтверждается положение об инверсии Донбасса на рубеже С-Р (уральской фазы тектогенеза). Обосновывается десцендентно-седиментационный характер раннепермского эвапоритового бассейна Доно-Днепровского прогиба, одним из источников

поступления солей в который была разрушающаяся толща угленосных отложения карбона.

Геологическая и гносеологическая стороны феномена соленого угля имеют и чисто прикладной интерес, будучи тесно связанными с технологическими задачами его освоения. Всестороннее изучение свойств соленого угля, критический анализ его классификационных характеристик, методов использования и обогащения позволили автору рекомендовать наиболее объективные, с его точки зрения, оценочные параметры и заострить внимание на специфике условий выделения из угля натрия и хлора, а также на разных формах связи натрия с органическим веществом бурых и каменных углей, что имеет принципиальное значение при разработке методов его обессоливания.

Ключевые слова: соленый уголь, геодинамика, геотектоника, геотермика, угленосная формация, петрографический состав угля, качество угля, метаморфизм.

ABSTRACT

Ivanova A. V. Genesis and evolution of high-chlorine coals of Ukraine and use problems. – Manuscript.

The thesis for the degree of Doctor of Geological Sciences, specialty 04.00.01 – General and regional geology – Institute of Geological Sciences, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2016.

The thesis is dedicated to the justification of the conception of salinization of coal organic matter at the sediment and diagenesis stages. It is demonstrated that formation of high-chlorine coals is a logical effect of certain conditions of geological past of the Earth, namely, periods of activation of endogenic processes followed by marine transgressions and regressions, and intense volcanicity on the basis the set of indicators obtained during the analysis of geological structure of studied objects, facial conditions of peat accumulation, physical and chemical properties of peats and coals, coal petrochemical characteristics. In all know cases geo-ecological conditions of high-chlorine coal formation were determined by the presence of a salt source at the peat stage. Such a source in paralic coal basins was sea water, in areas of development of halogenic formations – products of their decomposition, in active magmatism regions – derivatives of magmatic and postmagmatic activities. Further evolution of high-chlorine coals was determined by postdiagenetic processes, first of all by metamorphism causing transformation of the molecular and supermolecular structure of coal matter. Chloride and humate forms of sodium are lost under the corresponding tectonic state determining physical and rheological coal properties and hydro-geological conditions of the coal solid.

On the basis of the conception of sediment and diagenetic salinization of coals, a wide range of various geological tasks can be solved, such as recovery of paleogeographical conditions of peat accumulation, prognosis of content of high-chlorine coals in various regions or geological formations, correlation of geological

events and specification of the history of geotectonic development of coal bearing basins, specification of salt balance of evaporitic basins and etc. Particularly, a statement on sea water as a source of salinization of coal bearing depositions of the paralic type in Palaeozoic troughs of Ukraine (Dnieper-Donets, Lviv-Volyn and Pre-Dobrogea) was confirmed. It is confirmed the view point on Donbas inversion was at the turn of C-P (Ural stage of tectogenesis). It is justified descendent and sediment character of early Perm evaporate basin of Dnieper-Donets trough. One of salt sources were a decomposing layers of carbon coal bearing deposits.

Geological and epistemological aspects of the high-chlorine coal phenomenon are of practical interest too, as its use are closely related to technological tasks. It is evaluated advisability of implementation of various desalinization methods basing on the analysis of forms of binding of sodium and chloride with brown and hard coal organic matters. It is emphasized in the thesis on the different approaches for use methods of desalinization of brown and hard coals, as sodium has different organic matter binding forms.

Keywords: high-chlorine coal, geodynamics, geotectonics, geothermics, coal formation, coal petrography, coal composition, metamorphism.