

Т.Г. Шендрік

Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Київ

ІННОВАЦІЙНІ РОЗРОБКИ ВУГЛЕХІМІЧНОЇ НАУКИ В ІНСТИТУТІ ФІЗИКО-ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ І ВУГЛЕХІМІЇ ІМ. Л.М. ЛИТВИНЕНКА НАН УКРАЇНИ



Наведено короткий історичний нарис і розробки відділу хімії вугілля Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, пов'язані з проблемами експлуатації вугільних шахт, пошуком рішень щодо запобігання самозапаленню вугільних пластів, пилопридушенню у гірських виробках, встановленню структурно-хімічних особливостей вугілля різного генезису і стадій метаморфізму для розробки нових способів їх модифікації і раціонального використання. Запропоновано способи отримання дешевих сорбентів з української сировини (у т.ч. вуглецевмісних відходів). Окреслено проблеми сучасної вуглехімічної науки в Україні.

Ключові слова: вугілля, структура, модифікація, термоліз, нанопористі сорбенти, кокс.

Фундаментальна вуглехімічна наука в Донбасі бере свій початок від часу створення в Інституті фізико-органічної хімії і вуглехімії (ІнФОВ) ім. Л.М. Литвиненка НАН України фізико-хімічної теорії знепилення повітря при розробці й експлуатації вугільних шахт та родовищ [1, 2]. Ці роботи успішно використовувалися в боротьбі з іншими пиловими аерозолями, а створені *В.І. Саранчуком, В.М. Качаном, В.В. Рекуном та А.Є. Масловим* математичні моделі виявилися придатними для процесів фільтрації широкого кола пилових аерозолів. Результати роботи були узагальнені у кількох монографіях і мали широке застосування.

Наукові школи *Р.В. Кучера* і *В.І. Саранчука* в ІнФОВ НАНУ паралельно розгорнули фундаментальні дослідження процесів окиснення та самозаймання вугілля і породних відвалів, спрямовані на пошук способів боротьби з цими негативними явищами [3, 4, 5].

Розширення вуглехімічних досліджень, що почалося за ініціативи академіка *Л.М. Литвиненка*, привело до формування спеціалізованих колективів, у т.ч. відділу енергохімічної переробки вугілля (керівник – *В.І. Саранчук*). Були поглиблені дослідження процесів окиснення і самозаймання природного вугілля та розгорнуто вивчення структури, властивостей твердих горючих копалин (ТГК), визначено роль генезису (походження) і ступеню метаморфізму (зрілості) [6, 7]. Було розроблено спосіб прогнозу потенційної схильності вугільної маси до самозаймання [8] та рекомендації щодо запобігання розігріванню її при видобуванні вугілля низької стадії метаморфізму [9].

Розпочалося дослідження процесів хімічної модифікації вугілля хімічними речовинами різних класів. Було розроблено способи одержання агломерованого бездимного твердого палива з вугілля низької стадії метаморфізму [10, 11]. Цикл робіт присвячено хімічним перетворенням кисневмісних та сірковмісних груп вугілля у процесах його термічної конверсії (термолізу),

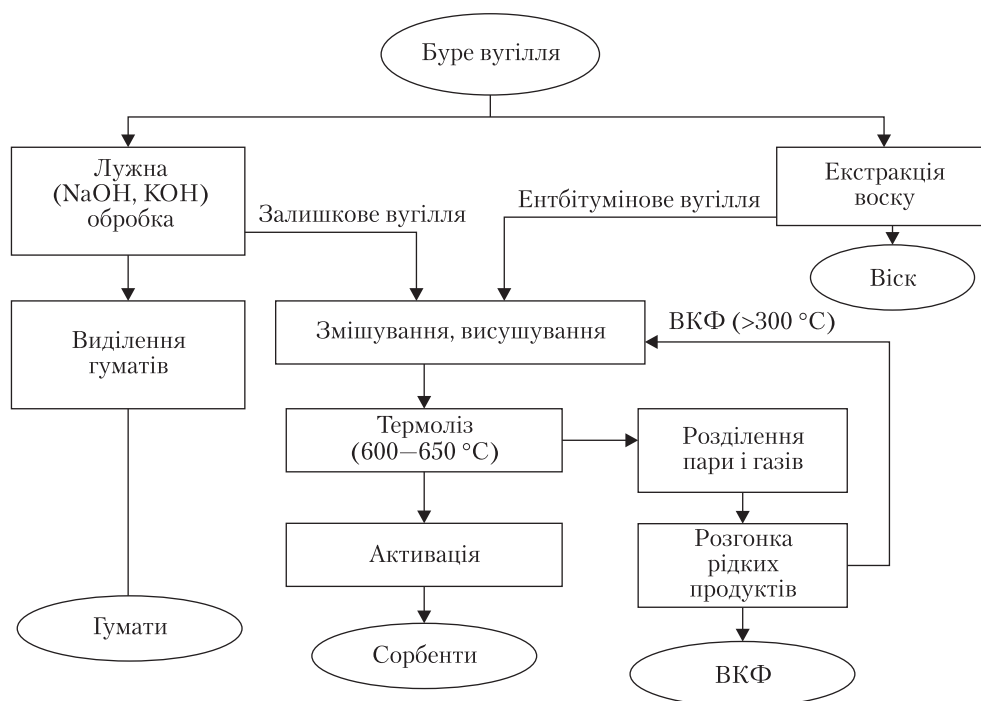


Рис. 1. Блок-схема комплексної переробки бурого вугілля

які суттєво впливають на результати процесу [12]. Слід зазначити, що згадані дослідження здебільшого проводилися на вугіллі Кансько-Ачинського родовища (Сибір, РФ).

Наприкінці 1980-х років у відділі було започатковано дослідження потужного (від 10 до 20 млрд. т) резервного вітчизняного енергоносія — так званого *солоного* вугілля України. Поклади вугілля з підвищеним вмістом солей лужних металів (а саме з високим вмістом NaCl) локалізовані у Північному (Богданівське родовище) та Західному (Новомосковське родовище) Донбасі. На основі встановлених особливостей складу, молекулярної будови й надмолекулярної організації «солоного» вугілля розроблено принципи екологічно прийнятнього використання цієї проблемної для енергетики сировини. Запропоновано шляхи послідовної конверсії «солоного» вугілля в гумінові препарати, відновні гази, синтетичне рідке паливо та адсорбенти. На замовлення Новомосковської геолого-розвідувальної експедиції надано практичні рекомендації щодо перспектив

використання «солоного» вугілля Західного Донбасу [13]. Отримано авторське свідоцтво на спосіб використання нативного (природного, без переробки) «солоного» вугілля для ефективного вилучення срібла з відходів кінофотопромисловості [14].

У 1990-х рр. творчі зусилля науковців відділу енергохімічної переробки вугілля були спрямовані на комплексну переробку вугілля, зокрема низькоенергетичного бурого вугілля України, в широкую мережу продуктів, таких, як гірський віск, гумінові кислоти, компоненти моторних і котельних палив (у т.ч. висококипляча фракція (ВКФ), розчинники, синтетичний і енергетичний гази, сорбенти, бездимне тверде паливо [15] (див. рис. 1). Були одержані унікальні дані про речовинний склад і властивості мацералів (компонентів різного генезу) органічної маси вугілля [16], які мають важливе значення при виборі методів використання твердих горючих копалин.

На початку 2000-х рр. разом з ВАТ МП «Опытное производство» у відділі було вико-

нано цикл робіт щодо підбору реагентів (на основі коксохімічних відходів) для збагачення коксівної шихти та поліпшення умов коксування. Результати викладено в монографії [17]. Розроблений спосіб переробки коксохімічних відходів у флотореагенти та їх застосування у процесах флотації широко використовується на ВАТ «Авдіївський коксохімізавод».

Наприкінці 90-х рр. ХХ ст. загальні екологічні проблеми світу і насамперед донецького промислового регіону змусили фахівців вуглехімічної галузі Донеччини спрямувати свій науковий потенціал на розробку шляхів утилізації колосальної кількості різних вуглецевмісних відходів (полімерів, деревини, нафтових, коксохімічних тощо). З того часу у відділі енергохімічної переробки вугілля розробляються методи сумісної конверсії 2- і 3-компонентних систем: вугілля (насамперед вітчизняного бурого Олександрійського родовища), нафтовідходів і відходів деревини (лігнін, деревна тріска) та вугілля і відходів коксохімічної промисловості. Метою такої сумісної переробки є одержання продуктів різного агрегатного стану (газоподібне та рідке паливо, твердий залишок) з новими складом та властивостями, а також одночасне скорочення відходів, що займають великі площі та забруднюють довкілля.

Від 1998 до 2002 р. відділ брав участь у виконанні міжнародного проекту Європейської програми INCO-COPERNICUS (PLN№978009) «Wood Biomass and Wastes Upgrading: development and application of clean processes for chemicals, oils and carbon production». Ідея щодо перспективності одночасної утилізації різних видів вуглецевої сировини (низькоякісного вугілля, деревини, нафтовідходів), яка частково реалізована у проекті ІНКО-Копернікус, була розвинута завдяки програмі «НАТО в ім'я миру» (проект «Новый подход к переработке отходов в селективные адсорбенты тяжелых металлов» SfP № 977984 (2002–2006 гг.). Результатом виконання проекту стало видання спільних україно-європейських праць, проведення Advanced Research Workshop (ARW) (се-

мінар експертів з питань охорони довкілля) та видання монографії «Recent advances in adsorption processes for environmental protection and security. Ed. by J.P. Mota, S.B. Lyubchik. – Springer: 2006. – 192 с.». Були також запропоновані прийоми спільної утилізації рідких (нафтовідходи) та твердих (низькосортне вугілля, лігнін, лузга соняшника) відходів, які дозволяють методом варіювання сировини й режиму активації одержувати високопоруваті матеріали із заданими властивостями – певним співвідношенням мезо- і мікропор та високими адсорбційними характеристиками [18, 19].

Актуальність проблеми сприяла успішному перебігу проекту, що крім суто наукових робіт додатково принесло понад 1 млн. грн. позабюджетних коштів для досліджень і придбання обладнання, а також дозволило створити разом з партнерами (ЗАТ «Електрод», м. Донецьк) пілотну установку для одержання сорбентів з вихідного вугілля. Наразі у зв'язку з воєнними діями у Донецьку доля цієї установки невідома.

І все ж завдяки згаданим проектам встановлено загальні закономірності термохімічного суміщення вуглецевмісних відходів і вугілля в процесах одержання продуктів різного технічного призначення (сорбентів підвищеної міцності й ефективності, а також рідких продуктів («вугільної нафти») з високим вмістом цінних легких фракцій). Крім того, для процесів суміщення знайдені технологічно значущі ефекти неаддитивності виходу цільових продуктів, кислотного та лужного промотування реакцій конденсації та процесу розвитку поруватості твердого продукту [20, 21].

Протягом 2006–2012 рр. відділ співпрацював з Інститутами Сибірського відділення РАН в межах Інтеграційного проекту НАНУ–СВ РАН «Анализ проблем и разработка технологий комплексного конкурентоспособного энерготехнологического использования угля», зокрема за темою «Термохімічна сумісна конверсія вугілля та вуглецевмісних відходів у «вугільну нафту» та високопоруваті матеріали». Після



Рис. 2. Деякі друковані твори співробітників відділу хімії вугілля ІнФОВ НАНУ

Нанопоруваті матеріали (НПМ) з бурого вугілля
Адсорбційна активність НПМ

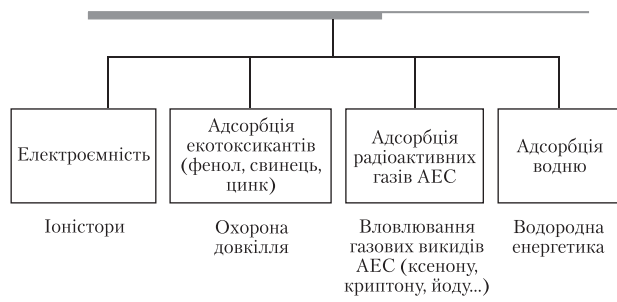


Рис. 3. Галузі застосування пористих буровугільних наноматеріалів

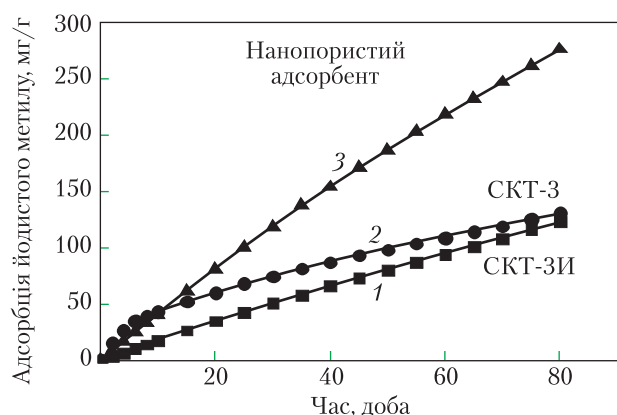


Рис. 4. Адсорбція йодистого метилу різними сорбентами: вітчизняний нанопористий (розробка ІнФОВ) (3), СКТ-3 (2) і СКТ-ЗИ (1) – промислові адсорбенти російського виробництва

закінчення проекту видавництвом СВ РАН опубліковано спільну монографію «Глубокая переработка бурых углей с получением жидких топлив и углеродных материалов» та видано понад 20 наукових праць спільно з ученими СВ РАН [22, 23].

Серед вітчизняних проектів, в яких активно брали участь представники наукової школи ІнФОВ НАНУ, варто назвати видання «Гірничої енциклопедії» та «Гірничого енциклопедичного словника» в 2001–2014 рр. (рис. 2).

На початку ХХІ ст. у відділі започатковано системні дослідження процесу конверсії виходного вугілля в нанопористі матеріали (НПМ), котрі мають великий попит у сучасних технологіях очистки водних розчинів, промислових газів та для розділення газових сумішей. Було розроблено новий метод лужної активації, що включає тепловий удар суміші луг/ТГК і дозволяє отримати адсорбент з високою розвинутою поверхнею при зменшеному співвідношенні луг/ТГК і широкими можливостями застосування (див рис. 3). Одержано патент України на спосіб отримання нанопористого вуглецевого матеріалу з бурого вугілля [26, 27]. Синтезовано нові вуглецеві адсорбенти з розвинутою нанопористістю та питомою поверхнею в межах 1000–2000 м²/г. Вивчено їхні адсорбційні властивості по відношенню до газоподібного водню та деяких екоотоксикантів (іони важких металів, фенол, хлорфеноли) та тест-сполук (криптон, ксенон, газоподібні йод та йодистий метил), що моделюють забруднення повітря при роботі атомних електростанцій (АЕС) [28, 29].

Вагомі практичні результати щодо ефективності НПМ у різних адсорбційних процесах порівняно з промисловими аналогами ілюструються на рис. 4, 5, 6.

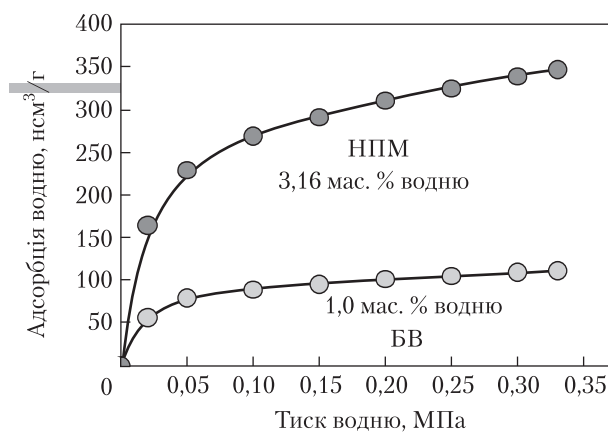
Синтезовані за розробленим методом нанопористі матеріали з піролізованої деревної тріски апробовано (спільно з Донецьким національним університетом економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського) у процесах виробництва лікєро-горілчаних виробів. Техніч-

ним результатом запропонованого способу є отримання такого утвореного після копчення харчових продуктів активного вугілля із деревних відходів, яке адаптоване до технології лікєро-горілочного виробництва та дозволяє покращити смакові якості горілочаних виробів, прискорити процес дозрівання коньячних спиртів і знизити собівартість готової продукції. За результатами випробувань надіслано низку заявок на патенти щодо одержання та застосування таких НПМ для згаданої галузі харчової промисловості.

Синтезовані методом лужної активації бурого вугілля НПМ були апробовані також в процесі електросорбції. Одержані результати дозволяють сподіватися на можливість подальшого поліпшення електросорбційних характеристик буровугілляних НПМ як матеріалу для створення іоністорів (2-шарових суперконденсаторів) [30] (рис. 7).

Результати наукових досліджень адсорбції важких металів, отримані у відділі енергохімічної переробки вугілля (разом з кафедрою аналітичної хімії Донецького Національного університету), покладено в основу розробки методики покращення метрологічних характеристик електротермічного сорбційно-атомно-абсорбційного визначення Pb(II) і Cd(II) у водних розчинах [31, 32]. Методика використовувалась у вимірювальній лабораторії УкрНДІсіль для порівняльного аналізу кухонної солі, природних розсолів і вод, вона також рекомендована для включення в міждержавний стандарт № 13685 «Соль кухонная пищевая. Методы испытаний». Методика має значний соціальний ефект, оскільки на відміну від існуючих використовує нетоксичні хімічні реагенти, має більшу експресність та кращі метрологічні характеристики.

Завдяки тісній співпраці з промисловими підприємствами Донеччини відділ енергохімічної переробки вугілля ІнФОВ НАНУ має змогу спрямовувати свій науковий потенціал для вирішення потреб коксохімічного виробництва. Співробітниками відділу було досліджено вплив деяких сполук бору на реакційну здатність та міцність металургійного коксу з метою отримання показників, притаманних коксу класу «Преміум», що успішно експортується в далеке зарубіжжя. Була розроблена технологія післяпічної обробки доменного коксу реагентами з метою підвищення його гарячої механічної міцності (CSR) і зниження реакційної здатності (CRI). Запатентовано способи одержання доменного коксу з індексами, що відповідають міжнародним стандартам (CSR – 56–70 %, CRI – 25–30 %). Спосіб реалізується шляхом хімічної модифікації поверхні готово-



Спільно з Харківським фізико-технічним інститутом (ХФТі)

Рис. 5. Адсорбція водню вихідним вугіллям та синтезованим НПМ (АУК)

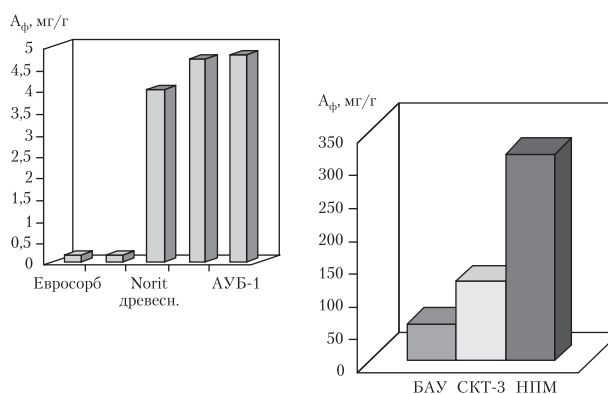
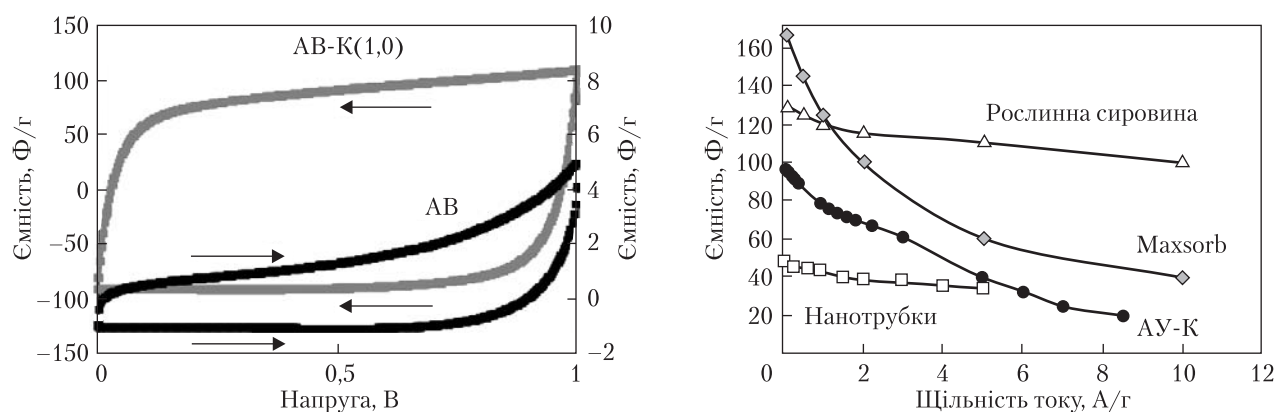


Рис. 6. Адсорбція фенолу різними сорбентами (НПМ = АУБ-1)

джено вплив деяких сполук бору на реакційну здатність та міцність металургійного коксу з метою отримання показників, притаманних коксу класу «Преміум», що успішно експортується в далеке зарубіжжя. Була розроблена технологія післяпічної обробки доменного коксу реагентами з метою підвищення його гарячої механічної міцності (CSR) і зниження реакційної здатності (CRI). Запатентовано способи одержання доменного коксу з індексами, що відповідають міжнародним стандартам (CSR – 56–70 %, CRI – 25–30 %). Спосіб реалізується шляхом хімічної модифікації поверхні готово-



Циклічні вольт-амперограми
(швидкість розгортки 5 мВ/с)

Рис. 7. Електросорбційні властивості НПМ з бурого вугілля



Рис. 8. Патенти на способи покращення якості коксу та одержання пористих матеріалів

го коксу розчинами боратів із застосуванням поверхнево-активних речовин (ПАР) різної природи [33, 34, 35].

Розроблену методику підвищення якості металургійного коксу застосовано в промисловості (на ПрАТ «Макіївкокс»), що дало значний економічний ефект та дозволило суттєво розширити сировинну базу коксування.

Значною була роль відділу хімії вугілля і ІнФОВ НАНУ у координації досліджень з хі-

мії твердих горючих копалин. За активної участі відділу від 1984 до 1991 р. у Донецьку регулярно проводилися Всесоюзні конференції й семінари на міжнародному рівні за проблемами дослідження структури ТГК, створення ефективних методів утилізації низькосортного вугілля, одержання з ТГК рідкого палива й гумінових препаратів, а також семінари з проблем каталізу у вуглексидній та ін. Ці форуми відіграли помітну роль у підвищенні рівня використання хімічного потенціалу твердих горючих копалин і в Україні, і поза її межами. Співробітники відділу були активними учасниками міжнародних форумів (Coal Science – 95, 97, CARBON – 96, 98, 2000, 2002, New Carbon and Composite Materials – 2000, 2003, 2004 та ін.).

За ініціативи ІнФОВ НАНУ в рамках пріоритетної програми «Паливо» у 1993 р. була створена довгострокова програма міжнародного співробітництва PICS-119 CNRS – ECOTECH «Вуглецеві адсорбенти. Вуглексидна. Охорона довкілля». Завдяки цій програмі спеціалісти ІнФОВ НАНУ виконали актуальні дослідження у наукових центрах Болгарії, Польщі,

Франції. Незважаючи на труднощі сьогодення співробітництво продовжується, відділ співпрацює з науковцями Росії, Польщі, Португалії, Іспанії та ін.

Останніми роками зміцніло співробітництво колективу відділу з ДП «Укрвуглеякість» щодо визначення якості вугілля, яке зберігається на складах шахт, збагачувальних фабрик та подається на спалювання до ТЕС. Але воєнні події на сході країни зруйнували (призупинили) це плідне співробітництво, яке давало змогу попередити корупцію та некомпетентне використання твердого палива в енергетиці.

Перспективні плани відділу пов'язані насамперед зі збереженням інтелектуального потенціалу завдяки переміщенню провідних спеціалістів-вуглехіміків у Київ і наданню їм формальної змоги працювати.

Найтяжчі проблеми пов'язані з унеможливленням експериментальних досліджень через брак виділених площ і відсутність потрібного обладнання. Деякі сподівання ми пов'язуємо з принциповою згодою іноземних колег поділитися вживаним обладнанням.

Провідні фахівці відділу працюють наразі у Києві. Нам нелегко на новому місці без лабораторних приміщень, без обладнання. Але у нас є велика надія, що спільними зусиллями з науковцями споріднених інститутів при підтримці Президії і Відділення хімії НАНУ відділ хімії вугілля, як і весь ІнФОВ НАНУ, зможе відтворити і активно використати свій науковий потенціал на користь незалежної України.

З урахуванням того, що Україна (за даними 2008 р.) посідала восьме місце серед провідних імпортерів активованого вугілля [35], організація власного виробництва сорбентів з вугільної сировини вважається більш ніж доцільною. Розробки відділу хімії вугілля у цій галузі можуть стати доброю науковою основою. Актуальним є і розширення кола речовин, що можуть бути поглинуті нанопористими матеріалами з вугілля. Саме в цьому напрямку відділ зможе зосередити свої зусилля у найближчі роки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Саранчук В.И., Качан В.Н., Рекун В.В. и др. Физико-химические основы гидрообеспыливания и предупреждения взрывов угольной пыли. – К.: Наук. думка, 1984. – 216 с.
2. Саранчук В.И., Журавлев В.П., Рекун В.В. и др. Системы борьбы с пылью на промышленных предприятиях. – К.: Наук. думка, 1994. – 224 с.
3. Саранчук В.И. Окисление и самовозгорание угля. – К.: Наук. думка, 1982. – 168 с.
4. Саранчук В.И., Русчев Д., Семенов В.К. и др. Окисление и самовозгорание твердого топлива. – К.: Наук. думка, 1994. – 264 с.
5. Кучер Р.В., Компанец В.А., Бутузова Л.Ф. Структура ископаемых углей и их способность к окислению. – К.: Наук. думка, 1980 – 168 с.
6. Саранчук В.И., Айруни А.Т., Ковалев К.Е. Надмолекулярная организация, структура и свойства углей. – К.: Наук. думка, 1988. – 191 с.
7. Качан В.Н., Саранчук В.И., Данилов А.Т. Предупреждение взрывов пыли в угольных шахтах. – К.: Техника, 1990. – 120 с.
8. А. с. № 1132026. СССР. Способ прогноза самовозгорания ископаемых углей / В.И. Саранчук, К.Е.Ковалев. заявл. 18.08.83, опубл. 30.12.84. Бюл. № 48.
9. А. с. № 1615390. СССР. Состав для профилактической обработки углей против самовозгорания / В.И. Саранчук, Л.Я. Галушко, А.Г. Галушко, В.А. Хазипов. заявл. 19.12.88, опубл. 23.02.90. Бюл. № 47.
10. А. с. № 1333699. СССР. Способ получения агломерированного углеродсодержащего топлива / В.И. Саранчук, В.А. Тамко; заявл. 09.10.85., опубл. 15.03.87. Бюл. № 32.
11. А. с. № 1663015. СССР. Способ получения кокса / В.А. Тамко, В.И. Саранчук, В.Н. Шевкопляс; заявл. 29.08.88., опубл. 15.07.91. Бюл. № 26.
12. Саранчук В.И., Бутузова Л.Ф., Минкова В.Н. Термохимическая деструкция углей. – К.: Наук. думка, 1993. – 222 с.
13. Шендрик Т.Г., Саранчук В.И. Соленые угли. Донецьк: Східний видавничий дім, 2003. – 294 с.
14. А. с. 1681549 СССР, МКИ³, С22 11/00. Способ извлечения серебра из кинофоторастворов / Иванова Л.С., Грабчак С.Л., Шендрик Т.Г. заявл. 28.09.89, опубл. 15.02.90. Бюл. № 6.
15. Саранчук В.И., Тамко В.А., Шевкопляс В.Н. и др. Безотходная переработка бурого угля Александрийского месторождения // Уголь Украины. – 1996. – № 9. С. 16–20.
16. Маценко Г.П., Білецький В.С., Шендрік Т.Г. Короткий словник з петрографії вугілля. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2011. – 98 с.

17. Саранчук В.И., Аровин И.А., Галушко Л.Я. Флотирование углей реагентами из продуктов коксохимии. – Донецьк: Видавничий дім «Кальміус», 2006. – 192 с.
18. Shendrik T.G., Pashchenko L.V., Khabarova T.V. et al. Porous carbon materials from wood wastes and blends // Proc.4 International Sympos «Catalytic and thermochemical conversions of natural organic polymers». – Krasnoyarsk, RF, 2000. – P. 104–113.
19. Shendrik T.G., Pashchenko L.V., Simonova V.V. et al. Adsorbents from Lignin and Washed-off Petroleum Waste // Solid Fuel Chemistry. – Allerton Press, Inc. – 2007. – № 2. – P. 114–118.
20. Шендрік Т.Г., Тамко В.А., Бован Л.А. Совместная конверсия угля и жидких углеродсодержащих отходов в продукты высокой потребительской ценности // Экология и промышленность. – 2014. – №3. – С.61–66.
21. Симонова В.В., Кучеренко В.А., Шендрік Т.Г. Химическая модификация смесей угля и нефти от хода как подход к повышению выхода летучих продуктов // Вопросы химии и хим. технологии. – 2012. – № 4. – С. 95–100.
22. Глубокая переработка бурых углей с получением жидких топлив и углеродных материалов / Б.Н. Кузнецов, Т.Г. Шендрік, М.Л. Щипко, Н.В. Чесноков, В.И. Шарыпов, А.М. Осипов; отв. ред. Г.И. Грицко. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 212 с.
23. Simonova V.V., Shendrik T.G., Chesnokov N.V., Kuznetsov B.N. Properties of active carbons produced by thermochemical transformation of lignin, brown coal and oil slim mixtures // J. of Siberian Federal University, Ser. Chemistry. – V.4. – № 1. – P. 336–343.
24. Гірничий енциклопедичний словник, 1-2 том / Заг. ред. Білецького В.С. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2001 – 2010 с.
25. Мала гірнича енциклопедія, в 2-х т. / За ред. Білецького В.С. – Донецьк: Донбас, 2004 – 632 с.
26. Пат. України на корисну модель № 61059, МПК С01В 31/08 (2006.01). Спосіб отримання поруватого вуглецевого матеріалу з бурого вугілля / Тамаркіна Ю.В., Хабарова Т.В., Шендрік Т.Г., Кучеренко В.А.; заявл. 29.11.2010., опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13.
27. Kucherenko V.A., Shendrik T.G., Tamarkina Yu.V. Nanoporosity development in the thermal – shock KOH activation of brown coal // Carbon, 2010. – № 48. – P. 4556–4558.
28. Шендрік Т.Г., Исаева Л.Н., Бован Д.В. Буроугольные адсорбенты для очистки сточных вод от фенола. // Труды Междун. науч.-практ. конференции «Чистая вода – 2009», Кемерово (РФ), 20–21 октября, 2009. – С. 209–214.
29. Тамаркіна Ю.В., Колобродов В.Г., Шендрік Т.Г., Кучеренко В.А. Свойства адсорбентов, полученных щелочной активацией александрийского бурого угля // Химия твердого топлива. – 2009. – № 4. – С. 46–50.
30. Тамаркіна Ю.В., Мысык Р.Д., Кучеренко Ю.В., Шендрік Т.Г. Химически активированные бурые угли как электроды для суперконденсаторов с органическим электролитом // К.: Изд-во ИХП НАНУ. – 2009. – Вып. 1(16). – С. 147–154.
31. Алемасова А.С., Белова Е.А., Трофимчук А.К. и др. Сорбционное концентрирование свинца (II), кадмия (II) и их электротермическое атомно-абсорбционное определение в суспензиях сорбентов. // Укр. хим. журнал, 2008. – Т. 74, № 1–2. – С. 106–111.
32. Симонова В.В., Тамко В.А., Тамаркіна Ю.В. и др. Адсорбция тяжелых металлов углеродными сорбентами различного происхождения // Экология и промышленность. – 2012. – № 3. – С. 32–36.
33. Пат. Украины UA № 31186 Способ улучшения качественных показателей доменного кокса / Тамко В.О., Саранчук В.И., Збыковский Е.И., Золотарев И.В., Шендрік Т.Г. и др.; опубл. 15.03.2008. Бюл. № 6.
34. Пат. РФ RU 2336297 С1 Способ обработки доменного кокса / Тамко В.А., Збыковский Е.И., Саранчук В.И., Золотарев И.В., Шендрік Т.Г. и др.; опубл. 20.10.2008; Бюл. № 29.
35. Гордиенко А.И. Перспективы организации отечественного производства активных углей на основе малометаморфизованных углей и антрацитов // Углехимический журнал. – 2008. – № 3–4. – С. 3–7; 80.

REFERENCES

1. Saranchuk V.I., Kachan V.N., Rekun V.V. i dr. *Fiziko-himicheskie osnovy gidroobespylivaniya i preduprezhdeniya vzryvov ugol'noj pyli*. Kyiv: Nauk. dumka, 1984 [in Russian].
2. Saranchuk V.I., Zhuravlev V.P., Rekun V.V. i dr. *Sistemy bor'by s pyl'ju na promyshlennyh predpriyatijah*. Kyiv: Nauk. dumka, 1994 [in Russian].
3. Saranchuk V.I. *Okislenie i samovozgoranie uglja*. Kyiv: Nauk. dumka, 1982 [in Russian].
4. Saranchuk V.I., Rushev D., Semenenko V.K. i dr. *Okislenie i samovozgoranie tverdogo topliva*. Kyiv: Nauk. dumka, 1994 [in Russian].
5. Kucher R.V., Kompanec V.A., Butuzova L.F. *Struktura iskopaemyh uglej i ih sposobnost' k okisleniju*. Kyiv: Nauk. dumka, 1980 [in Russian].
6. Saranchuk V.I., Ajruni A.T., Kovalev K.E. *Nadmolekuljarnaja organizacija, struktura i svojstva uglej*. Kyiv: Nauk. dumka, 1988 [in Russian].
7. Kachan V.N., Saranchuk V.I., Danilov A.T. *Preduprezhdenie vzyvov pyli v ugol'nyh shahtah*. Kyiv: Tehnika, 1990 [in Russian].
8. A.s. № 1132026. SSSR. Sposob prognozasamovozgoraniya iskopaemyh uglej. V.I. Saranchuk, K.E. Kovalev [in Russian].

9. A. s. № 1615390. SSSR. Sostav dlja profilakticheskoy obrabotki uglej protiv samovozgoraniya. V.I. Saranchuk, L.Ja. Galushko, A.G. Galushko, V.A.Hazipov [in Russian].
10. A. s. №1333699. SSSR. Sposob poluchenija aglomerirovannogo uglerodsoderzhashhego topliva. V.I. Saranchuk, V.A. Tamko [in Russian].
11. A. s. № 1663015. SSSR. Sposob poluchenija koksa. V.A. Tamko, V.I. Saranchuk, V.N. Shevkojljas [in Russian].
12. Saranchuk V.I., Butuzova L.F., Minkova V.N. *Termohimicheskaja destrukcija uglej*. Kyiv: Nauk. dumka, 1993 [in Russian].
13. Shendrik T.G., Saranchuk V.I. *Solenye ugli*. Donec'k: Shidnij vidavnichij dim, 2003 [in Russian].
14. A. s. 1681549 SSSR, MKIZ, S22 11/00. Sposob izvlechenija srebra iz kinofotorastvorov. Ivanova L.S., Grabchak S.L., Shendrik T.G. [in Russian].
15. Saranchuk V.I., Tamko V.A., Shevkojljas V.N. i dr. Bezotodnaja pererabotka burogo uglja Aleksandrijskogo mestorozhdenija. *Ugol' Ukrainy*. 1996, N 9: 16–20 [in Russian].
16. Macenko G.P., Bilec'kyj V.S., Shendrik T.G. *Korotkij slovnyk z petrografii' vugillja*. Donec'k: Shidnij vydavnychij dim, 2011 [in Ukrainian].
17. Saranchuk V.I., Arovin I.A., Galushko L.Ja. *Flotirovanie uglej reagentami iz produktov koksohimii*. Donec'k: Vidavnichij dim «Kal'mius», 2006 [in Russian].
18. Shendrik T.G. Pashchenko L.V., Khabarova T.V. et al. *Porous carbon materials from wood wastes and blends*. Proc.4 International Sympos «Catalytic and thermochemical conversions of natural organic polymers». Krasnoyarsk, RF, 2000. P. 104–113.
19. Shendrik T.G., Pashchenko L.V., Simonova V.V. et al. Adsorbents from Lignin and Washed-off Petroleum Waste. *Solid Fuel Chemistry*. Allerton Press, Inc. 2007, N 2: 114–118.
20. Shendrik T.G., Tamko V.A., Bovan L.A. Sovmestnaja konversija uglja i zhidkih uglerodsoderzhashhij othodov v produkty vysokoj potrebitel'skoj cennosti. *Jekologija i promyshlennost'*. 2014, N 3: 61–66 [in Russian].
21. Simonova V.V., Kucherenko V.A., Shendrik T.G. Himicheskaja modifikacija smesej uglja i nefte ot hoda kak podhod k povysheniju vyhoda letuchih produktov. *Voprosy himii i him. tehnologii*. 2012, N 4: 95–100 [in Russian].
22. *Glubokaja pererabotka buryh uglej s polucheniem zhidkih topliv i uglerodnyh materialov*. B.N. Kuznetsov, T.G. Shendrik, M.L. Shhipko, N.V. Chesnokov, V.I. Sharypov, A.M. Osipov. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2012 [in Russian].
23. Simonova V.V., Shendrik T.G., Chesnokov N.V., Kuznetsov B.N. Properties of active carbons produced by thermochemical transformation of lignin, brown coal and oil slim mixtures. *J. of Siberian Federal University, Ser. Chemistry*. V.4. N 1: 336–343.
24. *Girnychuj encyklopedychnij slovnyk*. Zag. red. Bilec'kogo V.S. Donec'k: Shidnij vydavnychij dim, 2001 [in Ukrainian].
25. *Mala girnycha encyklopedija*. Za red. Bilec'kogo V.S. Donec'k: Donbas, 2004 [in Ukrainian].
26. *Pat. Ukrainy na korysnu model' № 61059, MPK S01V 31/08 (2006.01)*. Sposib otrymannja poruvatogo vuglecevogo materialu z burogo vugillja. Tamarkina Ju.V., Habarova T.V., Shendryk T.G., Kucherenko V.A. [in Ukrainian].
27. Kucherenko V.A., Shendrik T.G., Tamarkina Yu.V. Nanoporosity development in the thermal – shock KOH activation of brown coal. *Carbon*, 2010. N 48: 4556–4558.
28. Shendrik T.G., Isaeva L.N., Bovan D.V. Burougol'nye adsorbenty dlja ochistki stochnyh vod ot fenola. *Trudy Mezhdun. nauch.-prakt. konferencii «Chistaja voda – 2009»*, Kemerovo (RF), 20–21 oktjabrja, 2009: 209–214 [in Russian].
29. Tamarkina Ju.V., Kolobrodov V.G., Shendrik T.G., Kucherenko V.A. Svoystva adsorbentov, poluchennyh shhe-lochnoj aktivaciej aleksandrijskogo burogo uglja. *Himija tverdogo topliva*. 2009, N 4: 46–50 [in Russian].
30. Tamarkina Ju.V., Mysyk R.D., Kucherenko Ju.V., Shendrik T.G. *Himicheskij aktivirovanije burye ugli kak jelektrody dlja superkondensatorov s organicheskim jelektrolitom*. Kyiv: Izd-vo IHP NANU, 2009. Vyp. 1(16): 147–154 [in Russian].
31. Aemasova A.S., Belova E.A., Trofimchuk A.K. i dr. Sorbcionnoe koncentrirovanie svinca (II), kadmija (II) i ih jelektrotermicheskoe atomno-absorbicijnoe opredelenie v suspenzijah sorbentov. *Ukr. him. Zhurnal*. 2008, 74 (1–2): 106–111 [in Russian].
32. Simonova V.V., Tamko V.A., Tamarkina Ju.V. i dr. Adsorbicija tzazhelyh metallov uglerodnymi sorbentami razlichnogo proishozhdenija. *Jekologija i promyshlennost'*. 2012, N 3: 32–36 [in Russian].
33. *Pat. Ukrainy UA №31186* Sposob uluchshenija kachestvennyh pokazatelej domennogo koksa. Tamko V.O., Saranchuk V.I., Zbykovskij E.I., Zolotarev I.V., Shendrik T.G. i dr. [in Russian].
34. *Pat. RF RU 2336297 S1* Sposob obrabotki domennogo koksa. Tamko V.A., Zbykovskij E.I., Saranchuk V.I., Zolotarev I.V., Shendrik T.G. i dr. [in Russian].
35. Gordienko A.I. Perspektivy organizacii otechestvennogo proizvodstva aktivnyh uglej na osnove malometamorfizovannyh uglej i antracitov. *Uglehimicheskij zhurnal*. 2008, N 3–4: 3–7; 80 [in Russian].

Т.Г. Шендрік

Институт физико-органической химии и углехимии
им. Л.М. Литвиненко НАН Украины, Киев

ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ
УГЛЕХИМИЧЕСКОЙ НАУКИ В ИНСТИТУТЕ
ФИЗИКО-ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ
И УГЛЕХИМИИ им. Л.М. ЛИТВИНЕНКО
НАН УКРАИНЫ

Представлен краткий исторический очерк и разработки отдела химии угля Института физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко НАН Украины, связанные с проблемами эксплуатации угольных шахт, поиском решений по предупреждению самовозгорания угольных пластов, пылеподавления в горных выработках, установления структурно-химических особенностей углей разного генезиса и стадий метаморфизма для разработки новых способов их модификации и рационального использования. Предложены способы получения дешевых сорбентов из украинского сырья (в т.ч. углеродсодержащих отходов). Очерчены проблемы современной углехимической науки в Украине.

Ключевые слова: уголь, структура, модификация, термолиз, нанопористые сорбенты, кокс.

T.G. Shendrik

L.M. Litvinenko Institute
of Physical Organic and Coal Chemistry,
NAS of Ukraine, Kyiv

INNOVATION DEVELOPMENTS
OF COAL CHEMISTRY SCIENCE IN IPOCC
OF NAS OF UKRAINE

The article presents short historical review and innovation developments of Coal Chemistry Department of L.M. Litvinenko Institute, NAS of Ukraine connected with coal mine exploitation problems, search for decisions toward prevention of spontaneous combustion, dust control in mines, establishing structural chemical features of coal with different genesis and stages of metamorphism with the aim to develop new methods of their modification and rational use. The methods of obtaining inexpensive sorbents from Ukrainian raw materials (including carbon containing waste) are proposed. The problems of modern coal chemistry science in IPOCC of NAS of Ukraine are outlined.

Keywords: coal, structure, modification, thermolysis, nanoporous sorbents, coke.

Стаття надійшла до редакції 27.07.15