

## **АВТОРСКА СПРАВКА ЗА НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ В ПУБЛИКАЦИИТЕ И ЦИТИРАНИЯТА СЛЕД ЗАЕМАНЕ НА АКАДЕМИЧНАТА ДЛЪЖНОСТ „ДОЦЕНТ”**

**доц. д-р Христина Георгиева Василева**

- Научна номенклатура - Минералогия и кристалография
- Брой публикации след хабилитацията за доцент - 22;
- Общ брой цитати - 1704, от които след хабилитацията за доцент – 854.
- H-index по Scopus - 20 (базиран на 29 публикации в Scopus)

### **ОСНОВНИ НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ**

**ОСНОВНИТЕ МИ НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ** са в областта на минералогията, геохимията и поведението при изгаряне на твърди горива (въглища, биомаса, петролен кокс); и минералогията, геохимията и механизмите на формиране на отпадни продукти (пепели, сгурии, шлаки) от изгаряне на твърди горива в ТЕЦ.

**ОСНОВНА НАУЧНА ТЕЗА.** Съставът и поведението на твърдите горива (въглища, биомаса) при изгаряне и механизмите на формиране на твърдите им отпадни продукти (пепели, сгурии, шлаки) – основа за тяхното екологосъобразно и иновативно преработване и оползотворяване.

**ОБОСНОВКА:** Във връзка със съвременните изисквания за устойчиво използване на изкопаемите и възобновяеми горива в енергетиката, приоритетна фундаментална научна задача е систематичното изучаване на поведението на твърдите горива (въглища, биомаса) при изгаряне и/или други термохимични процеси, протичащи до температура от 1600°C, както и механизмите на формиране на твърдите отпадни продукти (пепели, сгурии, шлаки) от различните химични и минераложки типове и подтипове горива. Изследването на фазово-минераложките трансформации и химични взаимодействия в органичното и неорганичното вещество на твърдите горива при тяхното изгаряне се базира на паралелно изследване на химичния и фазово-минераложки състав на изходните горива и техните отпадни продукти чрез комплекс от методи, използвани в минералогията и геохимията. В приложен аспект получените знания са необходима основа за: моделиране и подобряване на качествените параметри на горивните смеси, постъпващи за изгаряне в ТЕЦ; въвеждането на нови по-ефективни и екологосъобразни технологии за изгаряне на съответния тип твърди горива; прогнозиране на редица техноложки проблеми като налепообразуване, агломериране, абразия, корозия, неефективен топлопренос и шлаковане на горивните камери в ТЕЦ; прогнозиране състава на получаваните твърди отпадни продукти и търсене на нови технологични решения за тяхното оползотворяване, включително синтез на нови материали с приложение в строителството, керамичната, металургичната, химическата и др. промишлености; прогнозиране и ограничаване на някои еколожки проблеми в районите на ТЕЦ, свързани с емисиите на редица вредни за околната среда и здравето на човека елементи и компоненти.

**ОСНОВНИ НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ В ПУБЛИКАЦИИТЕ  
ПО ОБЛАСТИ НА ИЗСЛЕДВАНИЯ**

**ОБЛАСТ НА ИЗСЛЕДВАНЕ I. Минералогия и геохимия на въглища и продукти от тяхното изгаряне. Поведение на въглищата и механизми на формиране на отпадните им продукти при изгаряне (10 публикации).**

**Принос 1. Систематизирани са фазово-минераложките трансформации на неорганичното вещество при изгаряне на суббитуминозни и битуминозни български въглища с цел прогнозиране на възможните технологички и екологички проблеми, свързани с поведението на различен тип въглища при изгаряне (Публикация № 1).**

За първи път е изследвано съвместното поведение на неорганичното и органичното вещество на 3 типа суббитуминозни и битуминозни български въглища (Перник, Бобов дол и Балкан) при термичното им третиране във въздушна среда за температурния интервал 100-1600°C чрез комплексен методичен подход [1]. В резултат на това са идентифицирани и е характеризирано поведението на 33 главни и второстепенни минерали и фази с първичен, вторичен и третичен генезис в твърдите продукти от изгарянето на тези въглища; систематизирани са фазово-минераложките трансформации и химични взаимодействия в неорганичното вещество на въглищата за всеки стогорадусов температурен интервал до 1600°C; конкретизирани са процесите, водещи до формиране на твърдите продукти от окислението и изгарянето на въглищата; установени са фазовите трансформации, които оказват влияние върху температурите на стапяне на различните по химичен тип пепели; прогнозирани са възможните технологички и екологички проблеми, свързани с поведението на неорганичното вещество при изгарянето на български лигнитни, суббитуминозни и битуминозни въглища в ТЕЦ.

Личният ми принос към това изследване се състои в:

- основно участие в експериментите, интерпретацията на данните и подготовка на публикацията.

**Принос 2: Създадени са нови класификационни системи за неорганичното вещество на въглища и пепели от тяхното изгаряне в ТЕЦ (Публикации № 4, 5, 6, 9, 10).**

Създадена е нова комбинирана химична и минераложка класификация на пепелите от ТЕЦ, която се базира на техния произход, състав, свойства и поведение [4]. Използвани са детайлни данни за 41 пепелни проби, получени от изгаряне на различни въглища в 37 ТЕЦ от Испания, България, Холандия, Италия, Турция и Гърция. Химичната класификационна система е организирана според съдържанията, геохимичните асоциации и значимите корелации на пепелообразуващите елементи в пепелта, като са отделени 4 химични типа пепели (сиалична, калсиалична, ферисиалична и ферикалсиалична) с три доминиращи тенденции според киселинността. Фазово-минераложката класификационна система е организирана според съдържанията, асоциациите, корелациите, свойствата и поведението на минералите и фази в пепелта, като са отделени 4 фазово-минераложки типа пепели от ТЕЦ (поцолонов, инертен, активен и смесен тип) с три доминиращи тенденции според поцолановите свойства. Отделените химични и фазово-минераложки типове и подтипове пепели са характеризирани като са описани взаимовръзките и различията между тях. Изтъкнато е, че характеристики като: състав на изходните въглища и използваната технология на изгаряне в ТЕЦ; водоразтворими, магнитни и тежки

фракции, рН, температури на стапяне, теригенно/автогенен индекс, и специфична повърхност на пепелта; и особено съдържания, форми на присъствие и разпределение на редица фази и минерали (стъклена фаза, кварц, мулит, СаО-портландит, периклаз-брусит, Са сулфати, Са и Са-Mg силикати, магнетит-хематит и типове коксувани частици) в пепелта дават най-ценната информация за определяне на потенциалните направления за оползотворяване, както и за очакваните еколожки проблеми, свързани с пепелите от ТЕЦ.

Създадена е нова комбинирана химична и минераложка класификация на неорганичното вещество на въглищата [5] и са дискутирани потенциалните приложения за всеки от химично и минераложки категоризираните типове и подтипове въглища [6]. Използвани са детайлни данни за 37 въглищни проби от Австралия, България, САЩ, Япония, Канада, Южна Африка, Китай, Испания и Украйна. Отделените химични и минераложки типове и подтипове въглища са характеризирани като са описани взаимовръзките и различията между тях. Предимствата на тази класификация се състоят в оценка на значимите корелации и реални асоциации между елементите, както и на добре дефинираните и генетично описани минерални класове и видове във въглищата. Данните показват, че редица технологични проблеми, екологични рискове и здравни проблеми при употребата на въглища са свързани директно или индиректно със специфични минераложки и химични типове и подтипове въглища. Разработена и предложена е също концепция за „самопречистващи се горива” на базата на отделените в класификацията минераложки типове въглища.

Изследвани са зависимостите между химичния и минерален състав на горните 37 въглищни проби, които се различават значително по своята геология, ранг, възраст, пепелно съдържание, химичен и минерален състав [9, 10]. Използвани са пълни данни за химичния (технически и елементарен анализ на въглищните проби, както и химичен анализ на високотемпературната пепел) и минерален (главни и второстепенни минерали) състав на тези проби. Дискутирани са някои основни възгледи за неорганичното вещество на въглищата; представени и обяснени са статистически значимите корелации между химичните и минерални характеристики на изследваните въглища, както и взаимовръзките на техния химичен и минерален състав с ранга и топимостта им. Предложени са различни геохимични и минераложки индикатори за генетични интерпретации, свързани с формирането на въглищата. В заключение е дискутирано потенциалното приложение на изведените зависимости и индикатори, и са предложени някои нови характеристики, които могат да бъдат използвани като критерии за изясняване свойствата на въглищата и за прогнозиране на специфични технологични и еколожки проблеми, свързани с въглищата като гориво.

Личният ми принос към тези изследвания се състои в:

- основно участие в частта от изследването, отнасяща се до систематизиране на фазово-минераложките трансформации на органичното и неорганичното вещество по време на изгарянето на въглищата;
- основно участие в статистическата обработка и корелационен анализ на използваните бази-данни;
- съществено участие в интерпретацията на химични и минераложки данни с цел изясняване поведението на елементи, минерали и фази при изгаряне на въглища;
- съществено участие в прогнозирането на специфични технологични и еколожки проблеми чрез използване на минераложки и геохимични индикатори.

**Принос 3:** Изучени са съдържания, тенденции за концентриране и поведение на живак (Hg) при изгарянето на въглища в български ТЕЦ. Установена е зависимост между специфичната повърхност на пепелите и отделени от тях фракции и степента на улавяне на Hg при изгарянето на въглища от различен ранг в ТЕЦ (Публикации № 11, 19).

Проведеното изследване е мотивирано от факта, че изгарянето на въглища в ТЕЦ е един от най-значимите източници на замърсяване на атмосферата и световния океан с живак, който има силно негативен ефект върху околната среда и здравето на човека. Установени са съдържанията и тенденциите за концентриране на живак във въглищата и пепелите от тяхното изгаряне в 4 български ТЕЦ (Бобов дол, Република, Марица-3 и Варна). Характеризирано е поведението на този токсичен елемент, както и влиянието на специфичната повърхност на пепелите и отделени от тях фракции върху улавянето на Hg по време на изгарянето на въглища от различен ранг в ТЕЦ [11, 19].

Резултатите показват, че: (1) водеща роля за частичното улавяне на Hg има фракцията от неизгорели (полукоксувани и коксувани) частици в пепелите от изследваните български ТЕЦ, в която набогатяването на Hg е 23 пъти по-високо в сравнение с изходните пепели; (2) улавянето на Hg се увеличава с нарастване на BET специфичната повърхност и обема на микропорите на пепелните проби; (3) неизгорелите частици в пепелта от ТЕЦ, изгарящи нискорангови въглища, улавят и задържат по-ефективно Hg емисии в сравнение с неизгорелите частици в пепелта от ТЕЦ, изгарящи битуминозни въглища; (4) Hg се адсорбира в мезопорите, микропорите или чрез запълване обема на порите на коксуваните частици, получени от изгаряне на лигнити в ТЕЦ, докато адсорбцията в микропорите и в подчинена степен запълване обема на порите са предпочитан механизъм за адсорбция на Hg при коксуваните частици, получени от изгаряне на битуминозни въглища в ТЕЦ.

Личният ми принос ми към това изследване се състои в:

- основно участие в разработване и прилагане на схема за сепарационни процедури с цел установяване набогатяването/обедняването на Hg в пет последователно отделени фракции от изходните пепели от ТЕЦ;
- основно участие в установяване на корелационни зависимости между съдържанието на Hg и други характеристики на въглищата и пепелта от тяхното изгаряне;
- основно участие в интерпретацията на резултатите и заключения от извършените анализи върху специфичната повърхност (BET) и пористостта на отделените фракции чрез физична N<sub>2</sub> адсорбция в комбинация с CO<sub>2</sub> адсорбция;
- съществено участие при установяване съдържанията и тенденциите за концентриране на живак във въглищата и пепелите от тяхното изгаряне, и при графично оформяне за публикуване на част от получените резултати (SEM, XRD, BET).

**Принос 4:** Предложена е схема за последователно и селективно химично извличане на елементи от пепели от ТЕЦ и отделена от тях фракция от керамични ценосфери (Публикации № 2, 3).

Предложена е подобрена схема за последователно и селективно извличане на редица елементи (Ca, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Zn) от пепели от ТЕЦ Бобов дол и отделена от тях фракция от керамични ценосфери [2,3]. Процедурата е шест-степенна и включва използването на различни разтворители с цел да се изолират последователно: водоразтворими компоненти; слабо променено органично вещество; карбонати; Fe-Mn оксиди; стъкло и силикати; и коксова фракция от пепелите от ТЕЦ и от керамичните

ценосфери. Дискутирани са формите на присъствие на изследваните елементи в пепелите и в ценосферите. Резултатите показват, че предложената процедура може да бъде успешно използвана за селективно извличане на елементи, ако е приложена върху предварително добре характеризирани (химично и минераложки) изходни продукти [2,3].

Личният ми принос към тези изследвания се състои в:

- съществено участие при подготовка на пробите, обработка и интерпретация на химични и минераложки данни и графично оформяне на резултатите за публикуване.

**ОБЛАСТ НА ИЗСЛЕДВАНЕ II. Минералогия и геохимия на биомаса и продукти от нейното изгаряне. Поведение на биомасата и механизми на формиране на отпадните ѝ продукти при изгаряне. (9 публикации)**

**Принос 5:** Обобщени са детайлни данни от реферирани публикации (> 650 броя) и собствени изследвания върху биомаса и пепели от нейното изгаряне, на базата на които са характеризирани: (1) химичният състав на биомаса; (2) органичният и неорганичният фазов състав на биомаса; (3) фазово-минераложкият и химичен състав на пепели от биомаса (ПБ); (4) потенциалните приложения, техноложки и еколожки предимства и предизвикателства, свързани с ПБ; (5) поведението на биомасата при изгаряне, а именно фазово-минераложките трансформации на органичното и неорганичното вещество, както и механизмите на стапяне и формиране на пепели от разнообразни типове биомаса; (6) съдържанията и асоциациите на 60 главни, второстепенни и редки и разсеяни елементи в 8 типа биомаса и пепелите от нейното изгаряне; и (7) са създадени нови класификации, базирани на данните от техническия, елементния, пепелния, органичният и минераложки анализи на биомаса и ПБ, а също и теста за стапяне на ПБ. Изследванията биха послужили при формулиране на нови стандарти за качеството и сертифициране на биомасата и ПБ, както и за прогнозни цели, свързани с бъдещото устойчиво и ефективно използване на биомасата като суровина (алтернативно възобновяемо гориво при производство на енергия; производство на биогорива и химични продукти), а също и за комплексното оползотворяване на ПБ. (Публикации № 7, 12, 13, 14, 17, 18, 20, 21, 22).

Създадена е база-данни за пълния химичен състав на 86 вида биомаса (дървесина, треви, слама, аграрни отпадъци с растителен и животински произход, водорасли, отпадъчна индустриална биомаса и др.) и е разработена система за класифициране на природните и техногенни групи биомаса според химичния им състав [7, 12]. Разработката се базира на разширен критичен обзор на реферирани данни и собствени експериментални данни. Установени са съществени различия в химичния състав между отделените природни и техногенни групи и подгрупи биомаса, което се дължи на различния произход на биомасата (от растителни и животински продукти, или от смеси на растителни, животински и индустриални отпадъци). Установени са тенденции и значими корелации между 20 химични характеристики в състава на природната биомаса като в резултат на това са открити пет важни асоциации, а именно: (1) C–H; (2) N–S–Cl; (3) Si–Al–Fe–Na–Ti; (4) Ca–Mg–Mn; и (5) K–P–S–Cl. На тяхна база е разработена система за химично класифициране на биомасата като са отделени 4 типа ("S", "C", "K" and "CK") и 6 подтипа (с висока, средна и ниска киселинност тенденции) в зависимост от химичния състав на ПБ. Практическото приложение на

предложената класификация е за индикаторни и прогнозни цели при избора на биомаса за алтернативно гориво при производство на енергия, за производство на биогорива и на химични продукти в биорафинериите.

Същата база-данни [7] е използвана и за изследване *вариациите в състава на различни типове биомаса* [13]. Тези вариации могат да играят важна роля при формулиране на нови стандарти за качеството и сертифициране на биомасата. Докладвани са и предварителни резултати от XRF спектроскопия на пелети от биомаса като пример за експресна аналитична техника за качествена оценка на пепелообразуващите елементи и възможните екологички проблеми в преработващите инсталации или на пазара на биомаса.

Характеризиран е *органичния и неорганичен фазов състав на биомасата* [14]. За целта са използвани реферирани данни и собствени изследвания за съдържанията на структурните органични компоненти (целулоза, полуцелулоза, лигнин) за 93 вида биомаса, както и за неорганични компоненти (минерали и фази) и форми на присъствие на елементите в биомасата. Установени са значителни различия във фазовия състав на отделените природни и антропогенни групи, подгрупи и видове биомаса, което се дължи на различия в източника и произхода на биомасата. Установи се също, че фазовият състав на биомасата: (1) се различава значително от този на въглищата; и (2) е силно изменчив поради извънредно големите вариации в съдържанията на структурните компоненти и различия в генетичния тип (автогенен, теригенен и техногенен) на неорганичното вещество. Открити са някои значими корелации и водещи асоциации между фазовите и химични характеристики на видовете природна биомаса, а именно: (1) C-H (главно автогенни целулоза, полуцелулоза, лигнин и други органични компоненти); (2) Si-Al-Fe-Na-Ti (обикновено теригенни силикати и оксидрокси, изключвайки автогенния опал); (3) Ca-Mg-Mn (главно автогенни оксалати и карбонати); и (4) N-K-S-P-Cl (основно автогенни фосфати, сулфати, хлориди и нитрати). Дискутирано е значението на тези асоциации във фундаментален и приложен аспект, а именно за разработването на класификация на биомасата, базирана на химичния ѝ състав и структурните ѝ компоненти, с цел избор на конкретен тип биомаса за производство на специфичен продукт или като алтернативно гориво в конкретен тип инсталации.

Изследван е *фазово-минераложкия и химичен състав на пепели от биомаса* (ПБ) и е допълнена разработената [7] *система за тяхното химично класифициране* според техния състав, произход и свойства [17]. Установи се, че ПБ е сложна неорганично-органична смес с поликомпонентен, хетерогенен и променлив състав, като са идентифицирани 229 фази и минерали в ПБ. Дискутирани са основни въпроси, свързани с ПБ, като: терминология; химичен състав; съдържания и тенденции за концентрация; корелации и асоциации; формиране и поведение; температури на стапяне; и излужване; като е направено и сравнение с въглищните пепели. Идентифицирани са някои главни асоциации, отнасящи се до присъствието, съдържанието и произхода на елементите и фазите в системата ПБ и те включват: (1) Si-Al-Fe-Na-Ti (главно стъкло, силикати и оксидрокси); (2) Ca-Mg-Mn (обикновено карбонати, оксидрокси, стъкло, силикати и някои фосфати и сулфати); и (3) K-P-S-Cl (основно фосфати, сулфати, хлориди, стъкло и някои силикати и карбонати). Установи се, че тези систематични асоциации в ПБ имат ключово значение за класификационни и индикаторни цели във връзка с оползотворяването на ПБ.

На базата на горния класификационен подход [17] е описано *потенциалното приложение на пепелите от биомаса* [18]. Демонстрирано е, че такава нова класификация на ПБ има не само фундаментално значение, но също и потенциално

приложение за прогнозиране свойствата и иновативните и устойчиви области на употреба на отделените типове и подтипове ПБ. Характеризирани са различните аспекти, свързани с ПБ, като: (1) директно оползотворяване (за почвени подобрители и наторяване; производство на строителни материали, адсорбенти, керамики и други материали; и за синтез на минерали); (2) извличане на ценни компоненти и тяхната употреба (коксови, водоразтворими, ценосферни-плеросферни, магнитни и тежки фракции; и елементи); (3) мултикомпонентно оползотворяване; (4) технологички предимства и предизвикателства (шлаковане, налепообразуване и корозия; ниски температури на стапяне; ерозия и абразия; съвместно изгаряне и газификация с други горива; прогнозиране на фазовия състав; и др.); и (5) някои екологички и здравни рискове (замърсяване на въздух, вода, почва и растителност; киселинност, алкалност и излужване; летливост, улавяне и имобилизация на вредни елементи и съединения; инхалация на пепелта и съхранението ѝ в хранилищата). Изтъкнато е, че горните направления за оползотворяване, както и технологичките и екологички предимства или предизвикателства са свързани преференциално със специфичен тип и подтип ПБ и те могат да бъдат прогнозирани чрез използване на предложени комбинации химичен и фазово-минералогички класификационен подход.

Систематизирани са *фазово-минералогичките трансформации на органичното и неорганичното вещество по време на изгарянето на разнообразни видове биомаса [20]*. Изследването се базира на разширен критичен анализ на реферирани данни и собствени изследвания. Дискутирани са основни въпроси, свързани със състав, форми на присъствие, трансформации и произхода на главните съставки в биомасата и пепелите от биомаса, а именно: (1) органично вещество, представено от целулоза, полуцелулоза, лигнин, кокс, органични минерали и други органични фази; и (2) неорганично вещество, представено от силикати, оксиди и хидроксиди, фосфати, сулфати, карбонати, хлориди, нитрати, стъкло, аморфен материал и други неорганични фази; като също е извършено и сравнение с въглищните пепели. Установено е, че първичното органично и неорганично вещество на биомасата по време на изгаряне се трансформира като: (1) първоначално отделяне на летливите газове от органичното вещество и изгаряне на горимите газове и кокса с формиране на междинни и метастабилни оксалати, нитрати, хлориди, хидроксиди, карбонати, сулфати и неорганичен аморфен материал; (2) следващо формиране на по-стабилни силикати, фосфати и оксиди; (3) по-нататъшно стапяне, придружено от разтваряне на трудно топими минерали; при нарастване на температурите в системата; и (4) следваща кристализация на стопилката и формиране на стъкло, придружено от кондензация на соли и хидроксилация, хидратация и карбонатизация на новоформираните фази по време на охлаждането на пепели от биомаса. Някои по-късни трансформации на новоформираните минерали и фази до по-стабилни на изветряне силикати, хидроксиди, фосфати, сулфати, карбонати, хлориди и нитрати са също установени поради хидратация, хидроксилация и карбонатизация на горните фази от влагата и  $\text{CO}_2$  във въздуха при съхранението на ПБ.

Характеризирани са *механизмите на стапяне и формиране на различни типове и подтипове пепели от биомаса*, както и някои индикатори за потенциални технологични проблеми и екологички рискове по време на изгаряне на типовете и подтиповете биомаса, а също така и при приложението на ПБ [21]. Систематизирани са проблемите, свързани с поведението на пепелите при стапяне, а именно: общи наблюдения за процеса; температури на стапяне на биомасата и тяхното сравнение с тези на въглищата; връзките между температурите на стапяне и неорганичния състав на биомаса и въглища; и механизмите на стапяне на биомаса и въглища. Дискутирани са аспекти, свързани с потенциалното приложение на механизмите за формиране на различни типове и подтипове пепели, а именно ключови технологични проблеми (ниски

температури на стапяне, прогнозиране на стапянето и шлаковането, възможности за съвместно изгаряне на въглища с биомаса и приложение на пепелите) и екологични рискове (летливост, улавяне и разтворимост на токсични елементи). Изтъкнато е, че приложението на предложения класификационен подход, базиран на комбинирано изследване на фазово-минераложкия и химичен състав на биомаса и ПБ, има не само фундаментална значимост, но и потенциални приложения за прогнозиране на поведението, свойствата и комплексното използване на биомасата и нейните пепели.

Установени са *съдържанията и асоциациите на 60 главни, второстепенни и редки и разсеяни елемента (PPE) в 8 типа биомаса и пепелите от тяхното изгаряне [22]*. За целта са изследвани фазово-минераложкият и химичен състав на високотемпературни (500°C) ПБ, генерирани от 8 вида растителност (букови стърготини, царевични кочани, морски водорасли, костилки от сливи, оризови люспи, трева - *Panicum Virgatum* или switchgrass, слънчогледови люспи и орехови черупки). Характеризирани са състава и свойствата на изследваната биомаса и ПБ, като са описани някои общи закономерности при разпределението на PPE в тях. Съдържанията на PPE в ПБ и техните типове са определени и е направено сравнение с концентрациите на PPE във въглищните пепели. Установени са корелациите и асоциациите на PPE с главните и второстепенните елементи, а също така и с различните съставки (органично вещество, неорганично вещество, целулоза, полуцелулоза, лигнин, неорганично аморфно вещество, силикати, фосфати, карбонати, оксиди, хидроксиди, сулфати и хлориди) в биомасата и ПБ. Изтъкнато е, че значимите екологични предизвикателства, свързани с някои PPE в биомасата и ПБ са техните: (1) високи концентрации; (2) неблагоприятни форми на присъствие; (3) повишена летливост и ограничено улавяне по време на изгарянето на биомаса; и (4) интензивно излужване по време на съхранението и преработката на биомасата и ПБ.

Личният ми принос към тези комплексни изследвания се състои в:

- основно участие в частта от изследването, отнасяща се до систематизиране на фазово-минераложките трансформации на органичното и неорганичното вещество по време на изгарянето на разнообразни видове биомаса;
- основно участие при статистическата обработка и корелационен анализ на използваните химични и минераложки бази-данни;
- съществено участие при извършване на част от аналитичните процедури (SEM, оптична микроскопия, XRD, DTA-TG анализи, маспектрометрия, др.);
- съществено участие при интерпретация и графично оформяне за публикуване на част от получените резултати (SEM, XRD, DTA-TG).

### **ОБЛАСТ НА ИЗСЛЕДВАНЕ III. Фазово-минераложки и химичен състав на петролен кокс и пепели от петролен кокс (3 публикации)**

**Принос 6: Характеризиран е фазово-минераложкия и химичен състав и термичното поведение на сирийски петролен кокс и пепели от неговото изгаряне с цел определяне перспективността на тези продукти за извличане на редица ценни елементи (Ni, V, Mo, Zn, Co, Cr) с високи съдържания в тях (Публикации № 8; 15, 16).**

Чрез комплекс от методи (ICP-AES, ICP-MS-LA, XRD, DTA-TG, SEM) е характеризирани химичния и фазово-минераложки състав и термичното поведение на петролен кокс от рафинерия в Сирия и получената от него при лабораторни условия високотемпературна пепел (ППК) [8, 15, 16]. Изследването е приложено върху продукт, чийто фазово-минераложки състав е все още недостатъчно изяснен в световната



литература. Резултатите показват, че главни елементи (>1%) в ППК са V (9-25%), Ca (4-9%), Si (6-8%), S (6-7%), Ni (2-9%), Fe (2-10%), Al (1-3%) и Na (1-3%), второстепенни (0,1-1%) са Mo, Mg, Ti, K, P и Zn, а останалите изследвани елементи са редки и разсеяни елементи (<0,1%). Установено е, че фазово-минераложкият състав на ППК включва: главни (стъкло, анхидрит и Ni ванадат), второстепенни (кварц, кристобалит, K-фелдшпат и ярозит) и акцесорни (хематит, V-оксиди и Ni-оксид) минерали и фази. Установените високи съдържания на Ni, V, Mo, Zn, Co и Cr в ППК изтъкват от една страна перспективността на ППК за извличане и оползотворяване на тези ценни елементи. От друга страна, изследванията показват, че в тези отпадни продукти се концентрират редица токсични и потенциално замърсяващи околната среда елементи (V, Ni, Mo, Cd, Co, Cr, Pb, Zn). Получените данни могат да бъдат използвани за: изясняване формите на присъствие на тези елементи; установяване на тяхната подвижност по време на съхранението и оползотворяването на петролен кокс и ППК; определяне на потенциалната възможност и схемите за промишлено извличане на някои от тези елементи от петролния кокс и отпадни продукти от неговата преработка.

Личният ми принос ми към тези изследвания е като научен ръководител на: (1) редовен докторант към ИМК-БАН (отчислен с право на защита) с тема на докторската дисертация: „Фазово-минераложки и химичен състав на пепели от изгаряне на петролен кокс и мазут“; и (2) магистърска теза към МГУ „Св. Иван Рилски“ на тема: „Фазово-минераложки и химичен състав на твърди отпадни продукти от изгаряне на сирийски петролен кокс и мазут“, успешно защитена през 2008 г. Методичното ръководство на горните разработки включваше: формулиране на цели, задачи, подход и методи на изследване; съдействие при подготовка на пробите, при извършване на аналитичните процедури, при интерпретация на получените резултати, както и при окончателното оформяне на текстовете на тезите и публикациите.

## **ОСНОВНИ НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ В ЦИТИРАНИЯТА**

Всички забелязани цитати изразяват положително отношение към публикуваните данни, интерпретации и заключения, както и към разработените нови класификации на въглицата, биомасата и отпадните продукти от тяхното изгаряне.

Най-голяма част от цитиранията са открити в публикации в *международни списания с импакт-фактор*, където данните, интерпретациите и предложените нови класификационни системи в цитираните статии са използвани за: (1) решаване на фундаментални или конкретни научно-приложни задачи, свързани със състава на суровините и техните продукти; (2) решаване на технологични и/или екологични проблеми, асоцииращи с поведението при изгаряне на твърдите горива; или (3) конкретни разработки по оползотворяване на отпадните продукти от изгаряне на въглища и биомаса в ТЕЦ.

Значителен е също и броят на цитиранията в *докторски дисертации* (80 цитата) и *магистърски дипломни работи* (55 цитата) на различни университети (в Австралия, Англия, Бразилия, Германия, Гърция, Дания, Индонезия, Ирландия, Испания, Италия, Канада, Китай, Колумбия, Мексико, Португалия, САЩ, Тайван, Тайлан, Турция, Финландия, Франция, Холандия, Швеция, Шотландия и Южна Африка), което показва приноса на цитираните публикации за изясняване на фундаментални и научно-приложни проблеми, свързани с обучението на специалисти в изследваната област.

Приносът на публикуваните трудове намира отражение и в *класацията на списание FUEL (изд. Elsevier) за най-цитирани и най-четени публикации* (TOP-25) през последните няколко години, както следва:

1) В класацията за 25<sup>-те</sup> най-цитирани публикации на сп. *FUEL* за периода от януари 2010 до май 2015 г (според брой цитирания в Scopus):

- Публикация № 7 заема 2<sup>-ро</sup> място;
- Публикация № 14 заема 15<sup>-то</sup> място.

2) В класацията за 25<sup>-те</sup> най-четени публикации на сп. *FUEL* (според брой тегления от SciVerse и ScienceDirect)

- Публикации № 5, 6, 7, 14, 17, 18, 20, 21 са били многократно и периодично сред 25-те най-четени публикации в научната област като са заемали от 2-ра до 25-та позиция през различните тримесечия или година от публикуването им до настоящия момент (май 2015 г.).

18/05/2015

София

/доц. Христина Василева/