

УДК:552.574.08:550.382.3

Бурчак О.В., канд, техн. наук, ст. наук. співр.
(ІГТМ НАН України),

Прімін М.А., д-р техн. наук,

Недайвода І.В., магістр
(ІК НАН України),

Серіков Ю.А., магістр
(ІГТМ НАН України)

ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ НА СТАН ВУГІЛЬНОЇ РЕЧОВИНИ

Бурчак А.В., канд, техн. наук, ст. науч. сотр.
(ІГТМ НАН Украины),

Примин М.А., д-р техн. наук,

Недайвода И.В., магистр
(ІК НАН Украины),

Сериков Ю.А., магистр
(ІГТМ НАН Украины)

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА СОСТОЯНИЕ УГОЛЬНОГО ВЕЩЕСТВА

Burchak O.V., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine),

Primin M.A., D.Sc. (Tech.),

Nedayvoda I. V., M.S. (Tech.)
(IC NAS of Ukraine),

Serikov Yu. A. M.S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

THE INFLUENCE OF EXTERNAL FACTORS ON THE STATE OF COAL MATTER

Анотація. В статті розглядаються магнітні властивості вугільної речовини як показники її енергетичного стану.

Оцінювався вплив механічного тиску, постійного і змінного електричного поля, постійної і змінної напруги на магнітний сигнал вугілля. Дослідження проводилися в три етапи протягом одного року і шести місяців.

Методами магнітометрії показано, що зміни магнітних властивостей вугілля пов'язані із структурними трансформаціями речовини на атомно-молекулярному рівні. Ефективність впливу визначається видом енергії, що підводиться, а також особливостями молекулярної будови вуглефікованої органіки. Зростання магнітного сигналу є наслідком накопичення, під зовнішнім впливом, енергії в атомно-молекулярній структурі вугільної речовини. Зниження магнітного сигналу зразків вугілля в часі свідчить про релаксацію накопиченої енергії.

Ключові слова: вугільна речовина, магнітні властивості, енергетичний стан, релаксація.

Попередні дослідження властивостей кам'яного вугілля однозначно демонструють наявність магнітного сигналу у високомолекулярній вуглефікованій

органічній речовині і залежність енергетичних характеристик магнітних сигналів від стану і складу вугільних зразків [1, 2].

З метою визначення чинників, що впливають на стан і властивості вугільної речовини, а також оцінки вірогідності розвитку процесів в атомно-молекулярній структурі викопної органіки, в Інституті геотехнічної механіки НАН України спільно з Інститутом кібернетики НАН України проведений спеціальний експеримент по вивченню залежності параметрів магнітного сигналу (стану вугільної речовини) від виду і енергії зовнішньої дії.

Об'єкти та методи досліджень. Для організації експерименту було відібрано проби вугілля на двох сусідніх шахтах Павлоградського геолого-промислового району: шахта «Благодатна» (пласт с₁, A^d = 9,37%, V^{daf} = 53,8%) і шахта «Ювілейна» (пласт с₆, A^d = 1,8%, V^{daf} = 43,11%). В таблиці 1 представлено перелік зразків підготовлених для магнітних досліджень по обох шахтах, а також види і параметри зовнішнього впливу, якому ці зразки піддавалися.

Таблиця 1 – Вугільні зразки двох шахт підготовлені для магнітних досліджень

Види і час впливу	Параметри дії	Номер і маса проби, шахта «Благодатна»	Номер і маса проби, шахта «Ювілейна»
Початковий стан речовини	–	Б01 m = 5,00 г. Б03 m = 5,00 г.	Ю01 m = 5,35 г. Ю02 m = 5,35 г. Ю03 m = 5,35 г.
Механічний тиск, Р кг	1000 кг	Б04 m = 6,79 г.	Ю04 m = 7,34 г.
	6000 кг	Б05 m = 6,90 г.	Ю05 m = 8,25 г.
	12000 кг	Б06 m = 7,25 г.	Ю06 m = 8,25 г.
Постійне електричне поле, U (1800с)	1000В	Б07 m = 5,00 г.	Ю07 m = 5,35 г.
	3000В	Б08 m = 5,00 г.	Ю08 m = 5,35 г.
	6000В	Б09 m = 5,00 г.	Ю09 m = 5,35 г.
Постійна напруга, U (1800с)	1000В	Б10 m = 5,00 г.	Ю10 m = 5,35 г.
	3000В	Б11 m = 5,00 г.	Ю11 m = 5,35 г.
	6000В	Б12 m = 5,00 г.	Ю12 m = 5,35 г.
Змінне електричне поле, U (ν=50Гц, 1800с)	1000В	Б13 m = 5,00 г.	Ю13 m = 5,35 г.
	3000В	Б14 m = 5,00 г.	Ю14 m = 5,35 г.
	6000В	Б15 m = 5,00 г.	Ю15 m = 5,35 г.
Зміна напруга, U (ν=50Гц, 1800с)	1000В	Б16 m = 5,00 г.	Ю16 m = 5,35 г.
	3000В	Б17 m = 5,00 г.	Ю17 m = 5,35 г.
	6000В	Б18 m = 5,00 г.	Ю18 m = 5,35 г.
Початковий стан речовини (фракція < 0,05 мм)	–	Б19 m = 5,35 г.	Ю19 m = 5,35 г.
		Б20 m = 5,35 г.	Ю20 m = 5,35 г.

Відібрані зразки вугілля близькі за ступенем вуглефікації, тобто органічна речовина обох проб в процесі геологічного розвитку підпадала під дію прибли-

зно однакових температури і тиску. Для зниження впливу мацерального і фракційного складу експериментальні дослідження проводилися на зразках, що складаються із зерен вугільної речовини крупністю 0,16-0,08 мм, переважно представленими мікрокомпонентами групи вітриніта. Зразки, що складаються з частинок вугілля < 0,05 мм, представлені для оцінки впливу на магнітні властивості речовини петрографічного складу і мінеральних домішок.

Оцінка магнітних властивостей вугільних зразків після зовнішньої дії проводилась за однакових інших умов та за стандартним алгоритмом [3, 4]. В якості параметра оцінки стану зразка, що досліджується, для кількісного аналізу і порівняння результатів вимірювань підраховувалося значення енергетичної характеристики магнітного поля як сума квадратів значень вихідного сигналу СКВІД-градієнтометра у всіх точках реєстрації магнітного сигналу.

В процесі експериментів проводилась оцінка зміни стану речовини, що викликана впливом різних видів зовнішньої дії, а також перевірялась наявність процесів релаксації набутої під зовнішнім впливом енергії. Для вирішення другого завдання магнітометричні дослідження зразків були у повному обсязі повторно проведені через рік та частини їх через півтора року зберігання в умовах лабораторії.

Результати експериментів та їх обговорення.

1. Експериментальні дослідження залежності магнітних властивостей вугільної речовини від виду та енергії зовнішньої дії.

Аналіз результатів вимірювальних експериментів показав, що магнітні властивості зразків вугільної речовини в «початковому стані» корелюють один з одним для обох шахт за формою сигналу, але відрізняються за інтенсивністю реакції. При цьому енергетичні характеристики зразків з частинками вугілля 0,16-0,08 мм двох шахт відрізняються в 2-2,5 рази, тоді як для зразків з частинками розміром < 0,05 мм значення показника практично співпадають.

Дослідження показали відсутність прямої зв'язку енергетичної характеристики магнітного сигналу вугільних зразків з петрографією і вмістом мінеральних компонентів. Це можливо за умови, що природа носіїв магнітного сигналу різна. У вітриніті добре розвинена аліфатична складова, з якою пов'язують наявність вільних радикалів і їх міграцію, тобто переміщення зарядів. Інертиніт – речовина з підвищеною ароматичністю, збагачена подвійними С=С зв'язками. Отже, можна припустити, що в інертиніті джерелом магнітного сигналу є наноструми в поліспряжених системах.

Дія всіх п'яти застосованих в експериментах чинників впливу призводить до збільшення магнітної сприйнятливості вугільних зразків, тобто до зростання значень енергетичної характеристики магнітного сигналу порівняно з сигналом зразків у «початковому стані».

Вивчення реакції зразків вугільної речовини на механічне стискання різної інтенсивності показали, що параметр оцінки магнітного сигналу, під дією механічного навантаження, зростає пропорційно енергії зовнішньої дії.

Збільшення енергетичних характеристик магнітного сигналу дозволяє зробити висновок про те, що під механічним навантаженням вугільна речовина на-

копичує енергію в атомно-молекулярній структурі. Проте для вугілля різних шахт реакція стану вугільної речовини на зовнішній вплив відрізняється. Реакція зразків відібраних на шахті «Ювілейна» приблизно втричі більш потужна порівняно з ефектом на зразках шахти «Благодатна».

За одинадцять місяців енергетичні характеристики зразків шахти «Благодатна» знизилась. Тобто спостерігається закономірна релаксація зразками отриманої ззовні енергії. Для зразків шахти «Ювілейна» порядок порушень, енергетичні характеристики зразків Ю04-1000 кг і Ю05-6000 кг зросли, а для Ю06-12000 кг значення показника знизилася.

Виходячи з наявних уявлень щодо будови вугільної речовини, а також природи процесів, які в ній відбуваються можна вважати, що наслідком механічного навантаження молекулярної структури вугільних зразків є гомолітичний розрив ковалентних зв'язків і утворення вільних радикалів, тобто структурних одиниць макромолекул з неспареним електроном. Механічне навантаження також може привести до дефектів (напруг) спряжених зв'язків, які легко поляризуються і є парамагнітними центрами. При знятті навантаження речовина знижує напруги за рахунок оптимізації будови шляхом конформаційних переходів, тобто руху зарядів, які є джерелом магнітного поля.

Аналіз поведінки енергетичної характеристики магнітного сигналу зразків вугільної речовини після впливу постійним електричним полем показав, що вплив цього чинника відносно слабкий. Зафіксовані зміни енергетичного параметра аналогічні для зразків обох шахт. Можна припустити, що електричне поле створює в речовині об'ємний заряд, і чим інтенсивніше дія, тим більша енергія накопичується у вигляді об'ємного заряду відповідно і вище магнітна сприйнятливості зразка.

За одинадцять місяців енергетичні характеристики зразків обох шахт знизилися рівномірно, не змінюючи свого порядку. Але значення показника для шахти «Благодатна» знизилась більш інтенсивно (аналогічно змінам після механічного впливу).

Реакція молекулярної структури зразків обох шахт на протікання постійних струмів, викликаних прикладеною до зразків напругою, аналогічна реакції на дію постійним електричним полем, але більш інтенсивна, що слід пояснювати впливом інжекттованих електронів при гальванічному контакті зразка з електродами. На зразках шахти «Ювілейна» значення енергетичної характеристики зростає відповідно до енергії впливу. В той же час зразок Б12, що піддавався дії напруги у 6,0 кВ показав якнайменші енергетичні параметри для зразків шахти в цьому дослідженні. Можливо внаслідок впливу інжекттованих електронів, і їх взаємодії з наведеним об'ємним зарядом.

Результати вимірювання магнітного сигналу від зразків вугільної речовини після дії змінним електричним полем показали, що у даному експерименті інтенсивність магнітного сигналу зразків шахти «Благодатна» приблизно в тричі слабкіша, ніж у зразків вугілля шахти «Ювілейна». При цьому не простежується залежність енергетичної характеристики від інтенсивності дії. Цей факт наводить на думку про вплив наноструктурних особливостей вугілля шахти «Бла-

годатна» на магнітні властивості. Можливо на знижений, по відношенню до вугілля шахти «Ювілейна» опір. Відсутність залежності інтенсивності магнітного сигналу зразка від енергії зовнішньої дії також може бути пов'язана або з насиченням, або з виникненням, за рахунок одержаної ззовні енергії, індукованих процесів.

На протязі одного року і шести місяців досліджень спостерігалось рівномірне зниження енергетичних характеристик зразків обох шахт. Через вісімнадцять місяців магнітні властивості зразків, що піддавалися дії змінного електричного поля практично не відрізнялись від параметрів магнітного сигналу зразків у «початковому стані».

Дія змінної напруги викликає в зразках вугілля шахти «Ювілейна» реакцію практично незалежну від енергії впливу, але при цьому більш сильну, ніж для зразків шахти «Благодатна». Інтенсивність магнітного сигналу для зразків шахти «Благодатна» практично пропорційна енергії впливу. Крім того зміни магнітного сигналу вугільних зразків шахти «Благодатна» викликані дією змінної напруги мають найбільшу інтенсивність серед п'яти застосованих видів впливу (в тому числі у порівнянні з впливом механічного тиску).

За одинадцять місяців досліджень впевнено простежується зниження енергетичних параметрів зразків в часі, тобто відбувається релаксація накопиченого енергетичного потенціалу. Враховуючи, що вугілля двох шахт близьке за стадією вуглефікації, складом і іншим технічним макропоказникам відмінності в магнітних властивостях слід пов'язувати з особливостями будови речовини на атомно-молекулярному рівні.

Аналізуючи результати окремих етапів дослідження можна зробити наступні висновки.

Зростання енергетичної характеристики магнітного сигналу є наслідком накопичення, під зовнішнім впливом, енергії в атомно-молекулярній структурі вугільної речовини.

Найбільші зміни магнітного сигналу зразків серед усіх видів впливу застосованих в дослідженнях пов'язані з дією на вугільну речовину механічного навантаження.

Вірогідність проходження структурно-хімічних перетворень вугільної речовини визначається не стільки інтенсивністю дії скільки видом енергії, що підводиться ззовні, а також особливостями молекулярної будови вуглефікованої органіки.

Узагальнення отриманих експериментальних даних дозволяє припустити, що зафіксований ефект (магнітний сигнал) має фізико-хімічну природу і пов'язаний із структурними трансформаціями в атомно-молекулярній структурі вуглефікованої органіки.

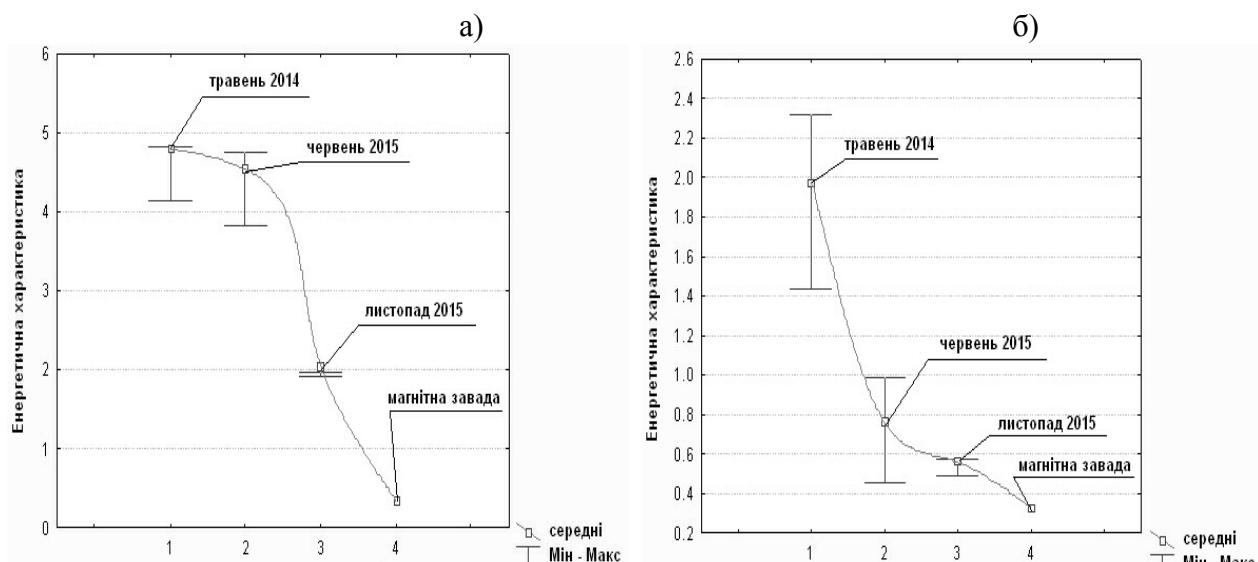
Грунтуючись на теоретичних уявленнях і результатах експериментів можна припустити, що джерелами магнітного сигналу є дефекти електронної структури вугільної речовини, тобто парамагнітні центри, а зафіксований ефект (магнітний сигнал) пов'язаний із структурними трансформаціями вугільної речовини (вільнорадикальними реакціями і конформаційними переходами). Одержаний

ззовні енергетичний потенціал викликає напруги в молекулярній структурі вугільної речовини, які потім самовільно знижуються – релаксують. В результаті структурних трансформацій релаксаційного характеру енергія речовини знижується, а структура впорядковується.

2. Дослідження зміни магнітних властивостей вугільної речовини в часі.

Проведені дослідження показали, що магнітні сигнали зразків вугільної речовини першої, другої і третьої серії корелюють один з одним за формою магнітного сигналу. Але повторні (через одинадцять і вісімнадцять місяців) безконтактні дослідження магнітних властивостей зразків вугільної речовини показали зниження їх енергетичних характеристик в порівнянні з результатами першої серії.

Розглянемо, в якості прикладу, результати аналізу результатів вимірювань параметрів магнітного сигналу зразків вугільної речовини шахт «Ювілейна» і «Благодатна» у «початковому стані» (рис. 1 а,б). На цих рисунках у графічному вигляді показано усереднені значення енергетичної характеристики для зразків Ю01, Ю02, Ю03 (рис. 1,а) і зразків Б01, Б03 (рис. 1,б).



а) зразки вугілля шахти «Ювілейна»; б) зразки вугілля шахти «Благодатна»

Рисунок 1 – Залежність енергетичної характеристики магнітного сигналу для зразків вугільної речовини у «початковому стані»

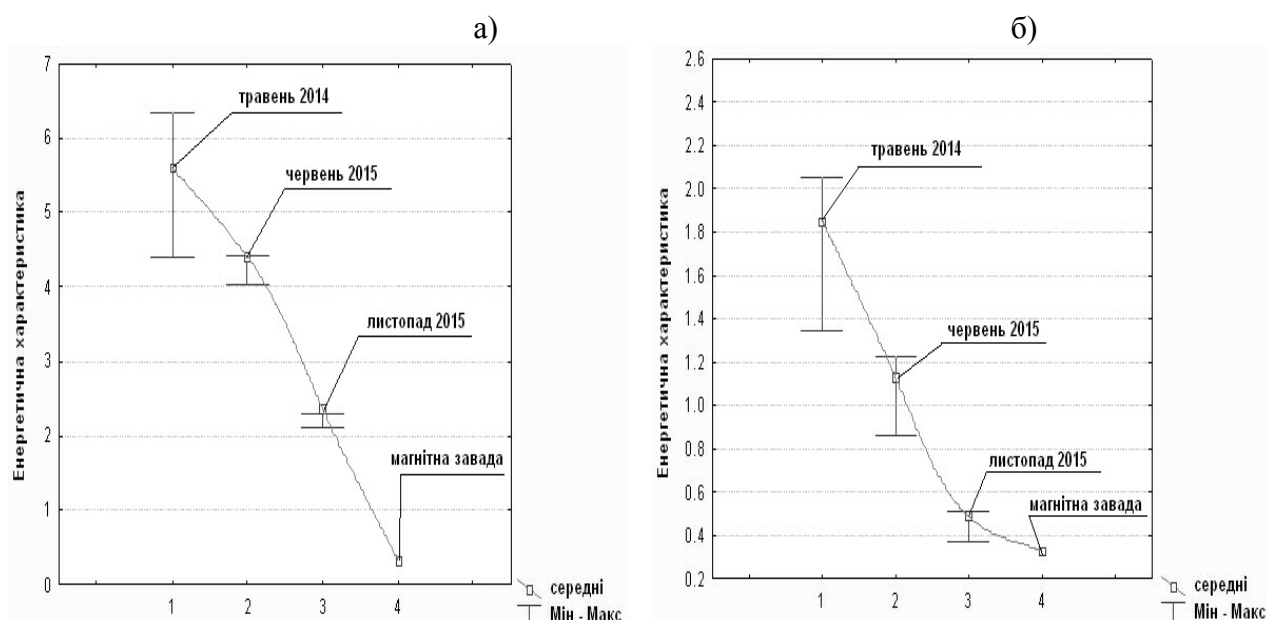
На кожному рисунку також показано рівень магнітної завади, маркерами позначені середні значення енергетичної характеристики магнітного сигналу і вказані максимальне і мінімальне значення енергетичної характеристики для кожної групи. Обробка результатів експериментів і побудова графічного відображення змін магнітних властивостей в часі була виконана за допомогою програми Statistica.

З аналізу рис. 1 добре видно, що енергетична характеристика магнітного сигналу всіх вугільних зразків знижується в часі наближаючись до рівня магнітної завади. Але кінетика зменшення магнітної сприйнятливості зразків в часі суттєво різниться, що в практично постійних умовах проведення вимірів можна по-

яснити тільки особливостями молекулярної будови і складу вугільної речовини з різних шахт. В свою чергу поява самовільних процесів в речовині і їх залежність від особливостей будови речовини переконливо свідчить про релаксаційний характер структурних трансформацій на нанорівні.

Різна інтенсивність реакції зразків в однакових умовах підтверджує зроблений висновок щодо залежності магнітних властивостей зразків вугілля від особливостей будови речовини і релаксаційної природи перетворень за рахунок внутрішньої енергії зі зменшенням енергетичного потенціалу і, відповідно, зростанням ентропії внаслідок трансформацій в структурі макромолекул вугільної речовини, хімічної (за наявності кисню) і вільнорадикальної (у закритій системі) природи.

Результати трьох серій вимірювань магнітного сигналу для зразків вугільної речовини після дії змінним електричним полем представлені на рис. 2.



а) зразки вугілля шахти «Ювілейна»; б) зразки вугілля шахти «Благодатна»

Рис. 2 – Залежність енергетичної характеристики магнітного сигналу для зразків вугільної речовини після дії змінним електричним полем

Графіки показані на рис. 2 а,б також свідчать, що енергетична характеристика магнітного сигналу вугільних зразків Ю13, Ю14, Ю15 і Б13, Б14, Б15 знижується в часі наближаючись до рівня магнітної завади. Тобто магнітні властивості, а відповідно, і енергія накопичена у вугільній речовині самовільно знижується – релаксує. Розбіжності в кінетиці зміни стану речовини проб двох шахт не великі, але значення інтегральної інтенсивності магнітного сигналу змінюється суттєво, що в умовах проведеного експерименту слід пояснювати залежністю магнітної сприйнятливості вугільної речовини від особливостей молекулярної будови і складу вугільної речовини з різних шахт. Відповідно залежність стану речовини від особливостей її будови є доказом релаксаційного характеру структурних трансформацій.

Висновки. Методами магнітометрії, вперше експериментально доведено, що зміни магнітних властивостей вугілля пов'язані із структурними трансформаціями речовини на атомно-молекулярному рівні під дією зовнішніх сил. Зафіксована динаміка флуктуацій магнітних властивостей пов'язана із структурно-хімічними перетвореннями вугільної речовини, що викликані перерозподілом енергії в твердофазній матриці у вигляді структурних трансформацій нерівноважних фрагментів під дією зовнішнього впливу.

Таким чином, на підставі проведених досліджень магнітних властивостей вугільної речовини в часі можна зробити висновок щодо наявності релаксаційних процесів у атомно-молекулярній структурі вугілля наслідком яких, в умовах закритої системи, буде зменшення енергетичного потенціалу і зростання ентропії тобто структурні трансформації макромолекул вугільної речовини з відщепленням низькомолекулярних сполук.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Оцінка енергетичних умов структурних трансформацій вугілля пов'язаних з виділенням вугільного метану / А.Ф. Булат, І.Д. Войтович, О.В. Бурчак [та ін.].– Уголь України.– 2012.– № 12.– С. 7-10.
2. Дослідження магнітної сприйнятливості вугільної речовини як показника енергетичного стану вугілля / А.Ф. Булат, І.Д. Войтович, О.В. Бурчак [та ін.].– Доповіді НАН України.– 2013.– №6.– С.99-104.
3. Сквид-магнитометрическая системы для контроля за магнитными контрастирующими агентами и управляемым транспортом лекарств на магнитных носителях: особенности технологии преобразования информации и ее программная реализация / И.Д. Войтович, В.Е. Васильев, И.В. Недайвода [и др.]. – Управляющие системы и машины, 2009.– № 4.– С.67-83.
4. Войтович, И.Д. Регистрация и обработка сверхслабых магнитных сигналов биологического и технического происхождения / И.Д. Войтович, И.В. Недайвода, М.А. Примин.– Управляющие системы и машины, 2013.– № 3.– С.51-60.

REFERENCES

1. Bulat, A. F., Voytovich, I.D., Burchak, O.V., Nedayvoda, I.V. and Primin, M.A. (2012), "Assessment of power terms of structural transformations of coal of associated to the selection of coal methane", *Coal of Ukraine*, vol.12, pp. 7-10.
2. Bulat, A.F., Voytovich, I.D., Burchak, O.V., Nedayvoda, I.V. and Primin, M.A. (2013), "Research of the magnetic susceptibility of coal matter as the index of the energy state of coal", *Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine*, vol. 6, pp. 99-104.
3. Voytovich, I.D., Vasyliiev, V.E., Nedayvoda, I.V. and Primin, M.A. (2009), "A SQUID-magnetometric system to control the magnetic contrast agents and targeted transport of medications with magnetic carriers: technological features of the transformation of information and its software realization" *Upravlyayushchie sistemy i mashyny*, vol. 4, pp. 67-83.
4. Voytovich, I.D., Nedayvoda, I.V. and Primin, M.A (2013), "Registration and processing of superweak magnetic signals of biological and technical origin", *Upravlyayushchie sistemy i mashyny*, vol. 3, pp.51-60.

Про авторів

Бурчак Олександр Васильович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу Геології вугільних родовищ на великих глибинах, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, balak@bk.ru.

Прімін Михайло Андрійович, доктор технічних наук, завідувачий відділом Сенсорних приладів, систем і технологій безконтактної діагностики, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова Національної академії наук України, Київ, Україна, prima_ma@inbox.ru.

Недайвода Ігор Володимирович, магістр, науковий співробітник відділу Сенсорних приладів, систем і технологій безконтактної діагностики, Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова Національної

академії наук України, Київ, Україна, igorvlad@inbox.ru.

Сериков Юрий Анатольевич, магістр, провідний інженер відділу Геології вугільних родовищ на великих глибинах, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАН України), Дніпропетровськ, Україна, balak@bk.ru.

About the authors

Burchak Olexander Vasilovich, Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, balak@bk.ru.

Primin Michael Andreevich, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Head of the Department of sensory devices, systems and contactless diagnostics of V. M. Glushkov Institute of cybernetics of the NASU, Kiev, Ukraine, prima_ma@inbox.ru.

Nedayvoda Igor Vladimirovich, Master of Sciences, Researcher in the Department of sensory devices, systems and contactless diagnostics of V. M. Glushkov Institute of cybernetics of the NASU, Kiev, Ukraine, igorvlad@inbox.ru.

Serikov Yuriy Anatolevich, Master of Sciences, principal engineer in Department of Geology of Coal Beds at Great Depths, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), balak@bk.ru.

Аннотация. В статье рассматриваются магнитные свойства угольного вещества как показатель его энергетического состояния.

Оценивалось влияние механического давления, постоянного и переменного электрического поля, постоянного и переменного напряжения на магнитный сигнал углей. Исследования проводились в три этапа на протяжении полутора лет.

Методами магнитометрии показано, что изменения магнитных свойств угля связаны со структурными трансформациями вещества на атомно-молекулярном уровне. Эффективность влияния определяется видом подводимой энергии, а также особенностями молекулярного строения углефицированной органики. Рост магнитного сигнала является следствием накопления, под внешним влиянием, энергии в атомно-молекулярной структуре угольного вещества. Снижение магнитного сигнала образцов угля во времени свидетельствует о релаксации накопленной энергии.

Ключевые слова: угольное вещество, магнитные свойства, энергетическое состояние, релаксация.

Abstract. This article discusses the magnetic properties of the carbon material as an indicator of its energy state.

Assessing the impact on the magnetic signal of coal mechanical pressure, direct and alternating electric field, as well as DC and AC voltage. The studies were conducted in three phases over one and a half years.

The methods of magnetometry shows that changes in the magnetic properties of carbon associated with the structural transformation of matter at the molecular level. The growth of the magnetic signal caused by the accumulation, under the influence of external energy in the atomic and molecular structure of coal. Efficiency is determined not so much by the intensity of external influence but energy type, as well as features of the molecular structure of carbonized organic matter. Reduction of the magnetic signal of coal samples in time indicates substance relaxation gained under the influence of external energy potential.

Keywords: Coal matter, magnetic properties, energy state, relaxation.

Статья поступила в редакцию 15.10.2015

Рекомендовано к публикации д-ром геологических наук Пимоненко Л.И.