

*Балицький О.І., проф., д.т.н.*  
*Фізико-Механічний інститут ім. Г.В. Карпенка, НАН України,*  
*Еліаш Я.*  
*Західнопоморський технологічний університет, Щецін, Польща*  
*Колесніков В.О., доц., к.т.н.,*  
*Краснодонський факультет Інженерії та Менеджменту*  
*СНУ ім. Володимира Даля, м.Луганськ*  
*kolesnikov1976@mail.ru*

## **СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ВОДНЕВЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ВОДЕНЬ**

Проведено короткий огляд одних з останніх досягнень в області водневого матеріалознавства. Показано, що в даний час є можливість візуалізації атомів водню, завдяки сучасним досягненням у комп'ютерній та експериментальній техніці.

**Ключові слова:** водень, водневе матеріалознавство, візуалізація зображень атомної будови речовини.

**Стан проблеми.** Атом водню є найпростішим атомом. Він має лише один електрон, тому при утворенні хімічних сполук може легко віддавати його або утворювати одну спільну електронну пару, або приєднувати ще один електрон, утворюючи двухелектронну зовнішню оболонку, як у благородного газу гелію. Водень - найпоширеніший хімічний елемент у Всесвіті. На його частку припадає близько 92% всіх атомів (8% складають атоми гелію, частка всіх інших разом узятих елементів - менше 0,1%). Практично весь водень на Землі перебуває у вигляді сполук; лише в дуже незначній кількості водень у вигляді простої речовини міститься в атмосфері (0,00005% за обсягом). Один з 5000 атомів водню відрізняється наявністю в ядрі одного нейтрона, що збільшує масу ядра з 1 до 2. Цей ізотоп водню називають дейтерієм  $2\text{H}$  або  $2\text{D}$ . Інший, більш рідкісний ізотоп водню містить два нейтрони в ядрі і називається тритієм  $3\text{H}$  або  $3\text{T}$ . Тритій радіоактивний і розпадається з виділенням гелію і електронів. Ядра різних ізотопів водню розрізняються спінами протонів. Враховуючи поширеність водню, його особливі властивості, виникає необхідність у вивченні його впливу на фізико-механічні та експлуатаційні властивості деталей. Водень може входити до складу водородвмісних середовищ. Звідси виникає проблема забезпечення водневої стійкості матеріалів з водородвмісних середовищ [1 - 7]. Передбачається, що у зв'язку з виснаженням запасів нафти і газу відбудеться перехід до альтернативних джерел енергії, найбільш вірогідний сценарій - це «воднева енергетика». Таким чином, виникає потреба у вирішенні кількох завдань:

- В безпечному і дешевому способі виробництва водню;
- В акумулюванні та збереженні водню;
- У забезпеченні водневої стійкості використовуваних матеріалів;
- У створенні нових водородостійких матеріалів;
- В запобіганні проникнення водню з водородвмісних середовищ в контактуючі поверхневі і підповерхневі шари матеріалів через небезпеку розвитку процесів катастрофічного руйнування матеріалів;
- У розвитку теоретичних підходів (у світлі «водневого матеріалознавства»), заснованих на комп'ютерному моделюванні процесів проникнення водню в поверхневі шари матеріалів.

**Ціль статті.** зробити короткий огляд опублікованого матеріалу, присвяченого візуалізації атомів водню, і розглянути сучасні уявлення про атом водню.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Водень займає перше місце в періодичній системі ( $Z = 1$ ). Він має найпростішу будову атома: ядро атома оточене електронною хмарою. Електронна конфігурація  $1s^1$ . В одних умовах водень проявляє металеві властивості (віддає електрон), в інших - неметалеві (приймає електрон). Однак за властивостями він більш схожий з галогенами, ніж з лужними металами. Тому водень поміщають в VII групу періодичної системи елементів Д.І. Менделєєва, а в I групі символ водню укладають в дужки.

Звичайний водневий атом (протий) складається з двох фундаментальних частинок (позитивно зарядженого протона, який одночасно є ядром негативно зарядженого електрона) і має атомну масу 1.

Атом водню описується двочастковою матрицею щільності або двочастковою хвильовою функцією. У квантовій механіці електрон описується редуцированою одночастковою матрицею щільності або хвильовою функцією. При цьому електрон розглядається в електростатичному полі атомного ядра. У квантовій механіці атом водню має спеціальне значення, оскільки відповідні рівняння допускають точне або наближене аналітичне рішення [8].

Нільс Бор в 1913 році отримав спектральні частоти водневого атома в його моделі атома водню, що має безліч припущень і спрощень. Результати розрахунку Бора для частот і основних значень енергії були підтверджені в 1925 і 1926 роках повним квантовим - механічним аналізом, який використовував рівняння Шредінгера. Рішення рівняння Шредінгера для електрона в електростатичному полі атомного ядра може бути знайдено в аналітичній формі. З нього отримують рівні енергії електрона  $i$ , таким чином, його частоти. Рішення рівняння Шредінгера дає більше інформації і про форму атомних орбіталей (їх анізотропії) атома водню [8].

Точне рішення задачі про рух електрона можна знайти в джерелі [9]. Рішення рівнянь Шредінгера для сферично симетричних станів [10]. Також існує математичний опис атома водню, (з урахуванням тонкої структури) для енергетичних рівнів атома водню [8]. Обчислити рівні енергії атома водню без урахування тонкої структури можна використовуючи просту модель атома Бора. Для цієї мети роблять грубе припущення про те, що електрон рухається не по еліптичній, а по круговій орбіті на фіксованій відстані під дією кулонівської сили [8].

Японським вченим вдалося здійснити безпосереднє спостереження атомів водню. Водень має атомне число 1, атом водню має діаметр близько 0.1 нм, що робить його самим маленьким атомом з усіх елементів періодичної системи Менделєєва. Після доопрацювань електронного мікроскопа ARABF-STEM (забезпечили роздільну здатність в 0.1 ангстрема (1 ангстрем = 0.1 нм) вчені помістили в його поле зору кристал гідриду ванадію ( $VH_2$ ). Ванадій є металом, активно сорбує водень, атоми якого поміщаються в просторі між вузлами кристалічної решітки ванадію. Завдяки високій роздільній здатності вдосконаленого електронного мікроскопа ARABF-STEM, на отриманих знімках можна було чітко розрізнити атоми ванадію (позначені на знімку зеленим кольором) і атоми водню (позначені синім кольором) [11, 12].

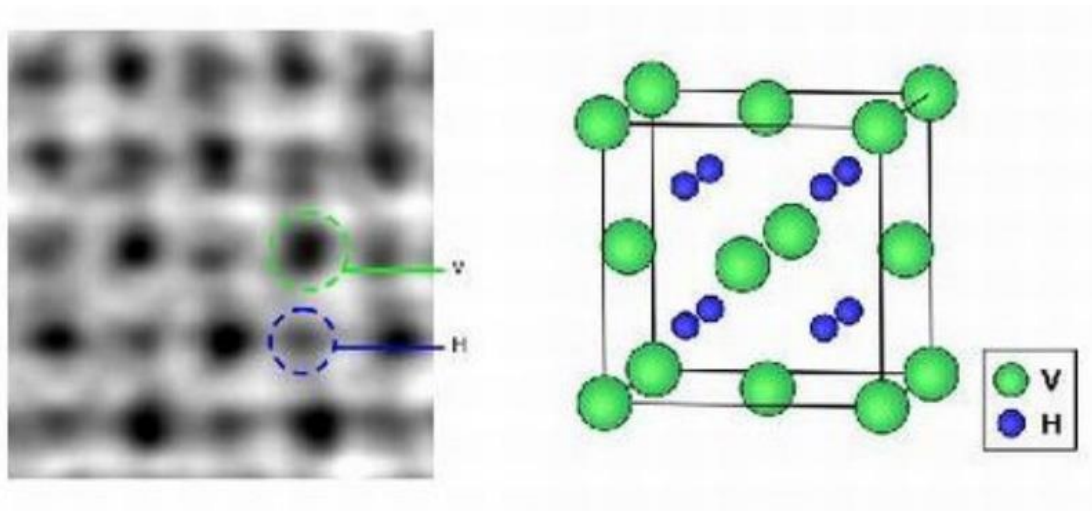


Рис. 1. До поясненням результатів експерименту [11, 12]

Докладні дані про будову атома водню приведені в ресурсах [8 -10].

Кандидат технічних наук Олександр Гнатович Шидловський написав п'ять книг, об'єднаних загальною назвою «Атом водню - найпростіший з атомів» [13]. Він продовжив теорію атома водню Бора, але не на мові квантової механіки, а на основі класичної фізики. При написанні робіт були введені такі допущення - постулати:

- Перехід електрона між стаціонарними орбітами відбувається згідно механічним законам по спіральню зменшуючимся орбітах;
- В переході електрон втрачає енергію відповідно до електродинаміки, випускаючи випромінювання фотона.

У 2008 році була опублікована робота [14], в якій на прикладі іонізованих атомів калію показали фізичну адекватність планетарної моделі атома водню Бора. Тобто рух електрона здійснюється по кругових орбітах, а перехід з одної дозволеної орбіти на іншу здійснюється стрибкоподібно.

Відомості про властивості атомів отримують при спектральному аналізі випромінювання, що випускають атоми при збудженні.

В атомі водню є стан, перехід з якого заборонений правилами відбору. На схемі рівнів видно, що це  $2s$ -стан. Атом у такому стані називають метастабільним. Час життя може бути дуже тривалим. Збуджений атом водню в метастабільному стані  $2s$  існує  $\sim 2$  мс. Завдяки значному часу життя метастабільні атоми можуть накопичуватися до відносно високих концентрацій  $10^{12} - 10^{14} \text{ см}^{-3}$ , залишаючись збудженими. Зняття збуджень в таких системах відбувається внаслідок міжатомних зіткнень і може затягуватися на макроскопічні часи [9].

Наочне уявлення хвильових функцій, що описують рух електрона в збуджених станах атома водню, можна побачити в електронному ресурсі [15].

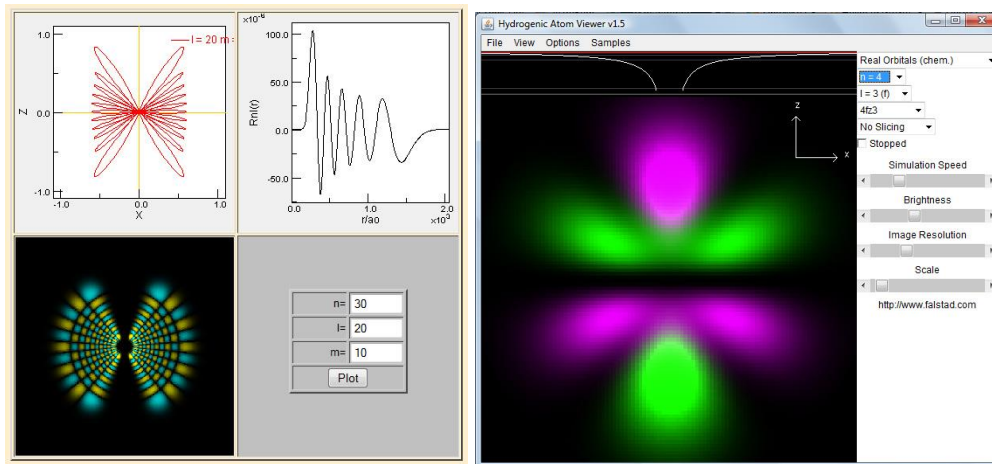


Рис. 2. Візуалізація хвильових функцій, що описують рух електрона в збуджених станах атома водню [15] - а. Аплет, що зображає орбіталі атома водню [16] – б

Зображення на рис. 3а показує перші кілька орбіталей атома водню (власні функції гамільтоніана). Вони являють собою поперечні перетини щільності ймовірності, величина якої відображена кольором (чорний колір відповідає мінімальній щільності ймовірності, а білий - максимальній). Квантове число кутового моменту  $l$  позначено в кожній колонці, використовуючи звичайні спектроскопічні позначення (s означає  $l = 0$ ; p:  $l = 1$ ; d:  $l = 2$ ). Головне квантове число  $n$  ( $= 1, 2, 3 \dots$ ) зазначено праворуч від кожного ряду. Для всіх картин магнітне квантове число  $m$  дорівнює 0, і перетин взято в площині - XZ, Z - вертикальна вісь. Щільність ймовірності в тривимірному просторі виходить при обертанні картинки навколо осі Z. Основний стан, тобто стан самої низької енергії, в якій звичайно знаходиться електрон, є першим, стан 1s ( $n = 1, l = 0$ ). Зображення з великою кількістю орбіталей представлено на рис. 3б до більш високих чисел  $n$  і  $l$ . Відзначимо наявність чорних ліній, які з'являються на кожній картинці за винятком першої. Вони - вузлові лінії (які є фактично вузловими поверхнями в трьох вимірах). Їх загальна кількість завжди дорівнює  $n - 1$ , який є сумою числа радіальних вузлів (рівного  $n - l - 1$ ) і числа кутових вузлів (рівного  $l$ ) [8].

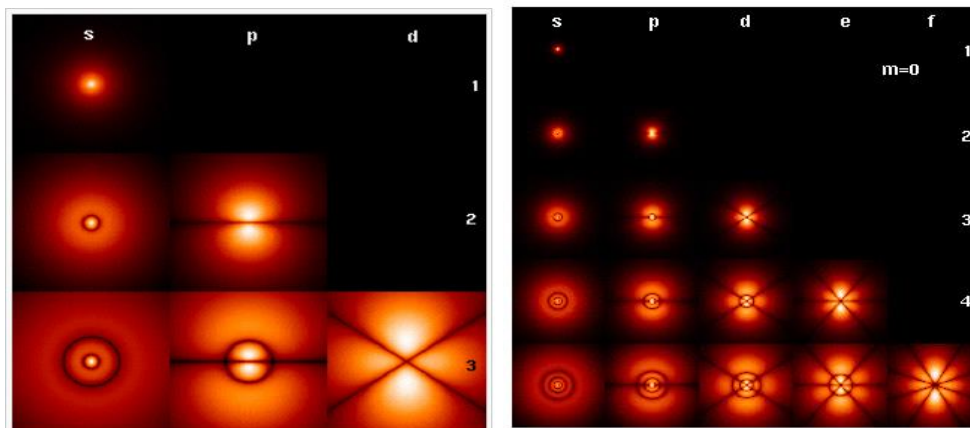


Рис. 3. Щільність ймовірності для електрона при різних квантових числах ( $l$ ) [8]

Фізики в Європейському центрі ядерних досліджень (CERN) створили кілька нейтральних атомів антиводню і зуміли втримати їх у магнітній пастці на деякий час. Вперше атом антиводню спостерігався в 1995 році в експерименті SP20 на прискорювачі LEAR. У 2002 році відразу два співдружності - ATRAP і ATHENA - синтезували і протягом довгого часу утримували холодний анти-водень в значних

кількостях, порядку 50 000 000 атомів. В даний час ці групи досліджують спектроскопію антиводню і інші властивості отриманого антиводню. У 2010 році було зроблено кілька публікацій, в яких повідомляється, що вдалося не тільки створити атоми антиводню, але й утримувати їх у спеціальній пастці протягом 0,1-0,2 секунди [17 - 21]. Досліджуючи властивості антиводню, фізики сподіваються перевірити СРТ-інваріантність (симетрію законів природи при інверсії заряду, парності і часу), тим самим проливаючи світло на загадку фундаментальної асиметрії матерії й антиматерії і їх таємничого дисбалансу у Всесвіті [21].

Також існує ще одна аллотропічеська форма водню - металевий водень. У лютому 1975 року група вчених під керівництвом Леоніда Верещагіна з Інституту фізики високих тисків СРСР отримала водень в металевому стані. При температурі 4,2 К (температура кипіння гелію) в тонкому шарі водню, піддано за допомогою алмазних наковален тиску близько 300 ГПа, вчені спостерігали зменшення електричного опору водню в кілька мільйонів разів, що служило свідченням переходу в металевий стан [22]. Зовсім недавно стало відомо, що завдяки електрон-фононному механізму створення куперовських пар, критична температура переходу  $T_c$  молекулярного водню з металевого в надпровідний стан може досягати рекордного на даний момент значення 242 К. Правда, при цьому має бути величезний тиск - 450 ГПа, що приблизно в 4,5 млн разів більше земного атмосферного тиску [22, 23].

Велика цікавість до проблеми металевого водню пов'язана насамперед із ймовірним існуванням в ньому комнатнотемпературної надпровідності. Крім того, деякі вчені припускають, що в певному інтервалі температур і напруженостей зовнішнього магнітного поля водень-метал буде надтекучим надпровідником - рідиною з нульовою в'язкістю і нульовим опором. Проте до цих пір подібний перехід діелектрик-метал у водні не спостерігався, оскільки необхідний для такої трансформації тиск знаходиться на межі експериментальних можливостей. Американсько-російська група вчених пропонує для вивчення екзотичних властивостей металевого водню використовувати «збагачені» воднем гідриди літію -  $LiH_n$  ( $n =$  від 2 до 8). Комп'ютерне моделювання, проведене дослідниками, показало наступ металеві фази в  $LiH_n$  при тиску в 4 рази меншому, ніж потрібно для водню, тобто вже в технологічно реалізованих умовах [24, 25].

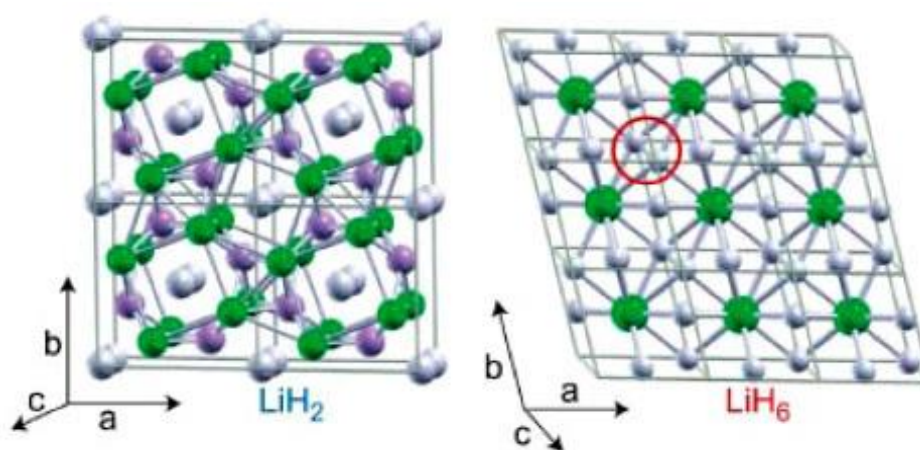


Рис. 4. Кристалічна решітка металевих  $LiH_2$  і  $LiH_6$  під тиском 150 ГПа. Зеленим кольором показані атоми літію. Фіолетовим - атоми водню, пов'язані з літієм. Білим кольором відображені атоми водню, «приналежні» молекулі водню  $H_2$ . Можна сказати, що обидва гідриди літію являють собою сплав двох металів: перший метал утворюють хімічно пов'язані атоми літію і водню, другий - атоми, об'єднані в молекулу  $H_2$ . Червоним кольором на правому малюнку обведено одне з таких молекулярних

об'єднань  $H_2$ . Структурні параметри  $LiH_2$  і  $LiH_6$  наведені в [24] до обговорюваної статті в PNAS.

Електронна хмара навколо ядра атома з точки зору квантової фізики описується хвильовою функцією, що дає в кожній точці простору ймовірність знаходження електрона в певний момент часу. Зазвичай ця ймовірність не змінюється з часом. Але коли квантова система отримує додаткову енергію за рахунок світла або в ході хімічної реакції, хвильова функція починає змінюватися. Стрибок відбувається не миттєво, а за цілком відчутний, хоч і вкрай малий період часу. Розрахунки показують, що подібні видозміни зазвичай відбуваються протягом 10-18 секунд. Щоб «захопити» цей рух у «об'єктив» приладу, дослідникам потрібен дуже швидкий спалах і звичайні методи тут не підійдуть. Зовсім недавно з'явилися повідомлення про можливість візуалізації процесів, що відбуваються з електронами в атомах і молекулах під час хімічних реакцій, в майбутньому це дозволить не просто глибше зрозуміти механізми електронного обміну, але й управляти ними [26, 27]. Таким чином, враховуючи, що атом водню є найпростішим атомом (за кількістю електронів), можливо, проведення експериментів по візуалізації процесів, що відбуваються з електронами в атомах, доцільно проводити саме для матеріалів, що взаємодіють з атомами водню.

**Висновок.** Незважаючи на те, що атом водню є найпростішим з усіх відомих атомів, сучасна наука не зупиняється у вивченні його властивостей і властивостей матеріалів, що взаємодіють з воднем. Подальший розвиток експериментальних методів дослідження дозволить підтвердити або спростувати різні теорії в водневому матеріалознавстві. Найяскравішим прикладом може служити можливість візуалізувати процеси, що відбуваються з електронами в атомах. Також в центрі уваги залишаються питання, пов'язані з металевим воднем, антиводню, і взаємодії атомарного водню з різними матеріалами.

### Література

1. Balitskii A., Kolesnikov V., Chmiel J. The influence of microstructure and hydrogen – containing environments on the intensity of cast iron and steel damage by sliding friction. Part 1. Construction of a generalized model of surface layer friction of graphitized steel and cast-iron objects // Problemy eksploatacji.-4 (67)/2007.- S.17-29. <http://www.itee.radom.pl>.
2. Колесников В.А., Калинин А.В., Балицкий А.И., Хмель Я. Необходимость учета влияния водорода на износостойкость материалов в тормозных парах трения автомобилей // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, 2009. – №\_11(141). – Частина 1. – С. 62 - 66.
3. Balyts'kyi O.I., Kolesnikov V.O. Investigation of wear products of high nitrogen manganese steels // Materials Science (Springer).– 2009, vol. 45, N 4.- P. 576-581. (<http://www.springerlink.com/content/k8k1g827475q4251>).
4. Колесніков В.О., Калінін О. В., Манченко М. В. Вплив воденьвмісних середовищ на зношування вузлів тертя навантажених механізмів / XXI відкрита науково-технічна конференція молодих науковців і спеціалістів КМН – 2009 // Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – Львів. – 2009. – С. 254 – 257.
5. Колесніков В.О., Дев'яткін Ю. С., Дев'яткін Д. С. Комп'ютерне моделювання сплавів з урахуванням впливу водню / XXI відкрита науково-технічна конференція молодих науковців і спеціалістів КМН – 2009 // Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – Львів. – 2009. – С. 258 – 261.
6. Колесников В.А. Влияние водородсодержащих сред на эксплуатационную стойкость оборудования пищевых и перерабатывающих производств // Збірник тез наукових доповідей міжнародної науково-практичної конференції наукової молоді і студентів “Сучасні проблеми розвитку легкої і харчової промисловості”, яка відбулась 3-4 листопаду 2010 року в СЧУ ім. В. Даля ).- Луганськ: вид-во СЧУ ім. В. Даля, 2010.– С. 20 -21.
7. Kolesnikov V.O. Investigation of the wear products of high-nitrogen steel after hydrogenation // Komisji Motoryzacji i Energetyki Rolnictwa XA/2010. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture – OLPAN, 2010, 10A,271 -275 p. <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TMot10a/Kolesnikov.pdf>.
8. Атом водорода [Электронный ресурс]. Википедия электронная энциклопедия. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.

9. Строение и свойства атома водорода. [Электронный ресурс]. Физикам – преподавателям и студентам. Режим доступа: <http://teachmen.ru/work/atomH>.
10. Решение уравнений Шредингера для сферически симметричных состояний. [Электронный ресурс] Физикам – преподавателям и студентам. Режим доступа: <http://teachmen.ru/work/atomH/suppIH.html>.
11. Direct Imaging of Hydrogen within a Crystalline Environment // Scott D. Findlay, Tomohiro Saito, Naoya Shibata, Yukio Sato, Junko Matsuda, Kohta Asano, Etsuo Akiba, Tsukasa Hirayama, and Yuichi Ikuhara - [Электронный ресурс]. Applied Physics Express 3 (2010) номер публикации :116603 Режим доступа: <http://apex.jsap.jp/journal/APEX-3-11.html>.
12. Японские ученые объявили о том, что им, впервые в мире, удалось осуществить непосредственное наблюдение атомов водорода [Электронный ресурс]. Новости физики. Эксперимент. Режим доступа: <http://physics.com.ua/news.php?id=967>.
13. Атом водорода [Электронный ресурс]. Страничка проблем теоретической физики. Режим доступа: [<http://atom-of-hydrogen.narod.ru/books.htm>].
14. J. J. Mestayer, B. Wyker, J. C. Lancaster, F. B. Dunning, C. O. Reinhold, S. Yoshida, and J. Burgdörfer Realization of Localized Bohr-Like Wave Packets // Physical Review Letters Vol. 100, Issue 24, 243004 (2008) <http://prl.aps.org/abstract/PRL/v100/i24/e243004>.
15. Hydrogen atom wave functions. [Электронный ресурс]. Web physics. Режим доступа: <http://webphysics.davidson.edu/faculty/dmb/hydrogen>.
16. Hydrogenic Atom Viewer v1.5 [Электронный ресурс]. Paul Falstads. Режим доступа: <http://www.falstad.com/qmatom>.
17. Trapped antihydrogen / G. B. Andresen, M. D. Ashkezari, M. Baquero-Ruiz, W. Bertsche, P. D. Bowe, E. Butler, C. L. Cesar, S. Chapman, M. Charlton, A. Deller, S. Eriksson, J. Fajans, T. Friesen, M. C. Fujiwara, D. R. Gill, A. Gutierrez, J. S. Hangst, W. N. Hardy, M. E. Hayden, A. J. Humphries, R. Hydomako, M. J. Jenkins, S. Jonsell, L. V. Jørgensen, L. Kurchaninov, N. Madsen, S. Menary, P. Nolan, K. Olchanski, A. Olin, A. Povilus, P. Pusa, F. Robicheaux, E. Sarid, S. Seif el Nasr, D. M. Silveira, C. So, J. W. Storey, R. I. Thompson, D. P. van der Werf, J. S. Wurtele, Y. Yamazaki. // *Nature*, 2010; DOI: [10.1038/nature09610](https://doi.org/10.1038/nature09610).
18. Search for trapped antihydrogen / G.B. Andresen, M.D. Ashkezari, M. Baquero-Ruiz, W. Bertsche, P.D. Bowe, C.C. Bray, E. Butler, C.L. Cesar, S. Chapman, M. Charlton // *Physics Letters B*, 2010; DOI: [10.1016/j.physletb.2010.11.004](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2010.11.004).
19. Antimatter atoms stored for the first time. [Электронный ресурс]. Science Daily. Режим доступа: <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/11/101117141523.htm>.
20. Антиводород [Электронный ресурс]. Википедия электронная энциклопедия. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
21. Антиводород впервые пойман в ловушку. [Электронный ресурс]. Membrana. Люди. Идеи. Технологии. Режим доступа: <http://www.membrana.ru/lenta/?10892>.
22. Ерин Ю. Металлический водород. [Электронный ресурс]. Элементы большой науки. Режим доступа: <http://elementy.ru/news/430773>.
23. P. Cudazzo, G. Profeta, A. Sanna, A. Floris, A. Continenza, S. Massidda, E. K. U. Gross. [Ab Initio Description of High-Temperature Superconductivity in Dense Molecular Hydrogen](#) // *Physical Review Letters*, 100, 257001 (2008).
24. Eva Zurek, Roald Hoffmann, N. W. Ashcroft, Artem R. Oganov, Andriy O. Lyakhov. [A little bit of lithium does a lot for hydrogen](#) // *PNAS*. October 20, 2009. V. 106. P. 17640–17643.
25. Ерин Ю. Гидриды лития помогают изучать свойства металлического водорода [Электронный ресурс]. Элементы большой науки. Режим доступа: <http://elementy.ru/news/431203>.
26. Перемещения электронов в атомах могут в будущем оказаться заснятыми на «плёнку» [Электронный ресурс]. Nano News №1. Сайт о нанотехнологиях № 1 в России. Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru>.
27. Real-time observation of valence electron motion / Eleftherios Goulielmakis, Zhi-Heng Loh, Adrian Wirth, Robin Santra, Nina Rohringer, Vladislav S. Yakovlev, Sergey Zherebtsov, Thomas Pfeifer, Abdallah M. Azzeer, Matthias F. Kling, Stephen R. Leone, Ferenc Krausz // *Nature* Vol. 466, 05 August, 2010. – P. 739 – 743.
28. Краткий обзор новых достижений в области водородного материаловедения. Современные представления об атоме водорода // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СНУ ім. В.Далія, 2011. – № 2(156) Частина 2. – с. 192 - 199.

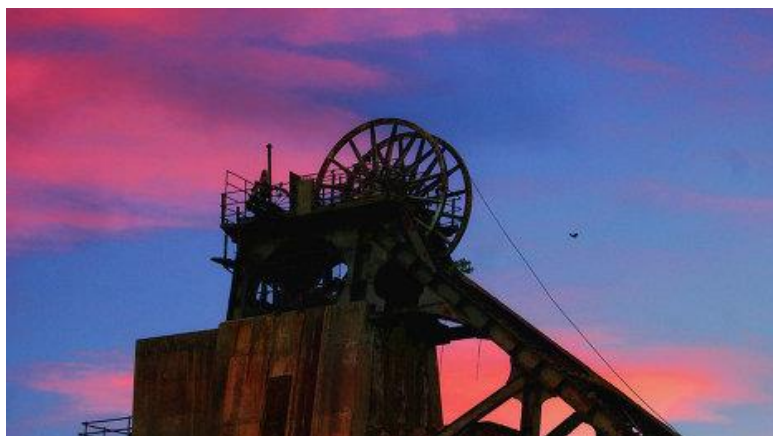
10. Решение уравнений Шредингера для сферически симметричных состояний. [Электронный ресурс] Физикам – преподавателям и студентам. Режим доступа: <http://teachmen.ru/work/atomH/supplH.html>.
11. Direct Imaging of Hydrogen within a Crystalline Environment // Scott D. Findlay, Tomohiro Saito<sup>2</sup>, Naoya Shibata, Yukio Sato, Junko Matsuda, Kohta Asano<sup>4</sup>, Etsuo Akiba, Tsukasa Hirayama, and Yuichi Ikuhara - [Электронный ресурс]. Applied Physics Express 3 (2010) номер публикации :116603 Режим доступа: <http://apex.jsap.jp/journal/APEX-3-11.html>.
12. Японские ученые объявили о том, что им, впервые в мире, удалось осуществить непосредственное наблюдение атомов водорода [Электронный ресурс]. Новости физики. Эксперимент. Режим доступа: <http://physics.com.ua/news.php?id=967>.
13. Атом водорода [Электронный ресурс]. Страничка проблем теоретической физики. Режим доступа: [<http://atom-of-hydrogen.narod.ru/books.html>].
14. J. J. Mestayer, B. Wyker, J. C. Lancaster, F. B. Dunning, C. O. Reinhold, S. Yoshida, and J. Burgdörfer Realization of Localized Bohr-Like Wave Packets // Physical Review Letters Vol. 100, Issue 24, 243004 (2008) <http://prl.aps.org/abstract/PRL/v100/i24/e243004>.
15. Hydrogen atom wave functions. [Электронный ресурс]. Web physics. Режим доступа: <http://webphysics.davidson.edu/faculty/dmb/hydrogen>.
16. Hydrogenic Atom Viewer v1.5 [Электронный ресурс]. Paul Falstads. Режим доступа: <http://www.falstad.com/qmatom>.
17. Trapped antihydrogen / G. B. Andresen, M. D. Ashkezari, M. Baquero-Ruiz, W. Bertsche, P. D. Bowe, E. Butler, C. L. Cesar, S. Chapman, M. Charlton, A. Deller, S. Eriksson, J. Fajans, T. Friesen, M. C. Fujiwara, D. R. Gill, A. Gutierrez, J. S. Hangst, W. N. Hardy, M. E. Hayden, A. J. Humphries, R. Hydomako, M. J. Jenkins, S. Jonsell, L. V. Jørgensen, L. Kurchaninov, N. Madsen, S. Menary, P. Nolan, K. Olchanski, A. Olin, A. Povilus, P. Pusa, F. Robicheaux, E. Sarid, S. Seif el Nasr, D. M. Silveira, C. So, J. W. Storey, R. I. Thompson, D. P. van der Werf, J. S. Wurtele, Y. Yamazaki. // *Nature*, 2010; DOI: [10.1038/nature09610](https://doi.org/10.1038/nature09610).
18. Search for trapped antihydrogen / G.B. Andresen, M.D. Ashkezari, M. Baquero-Ruiz, W. Bertsche, P.D. Bowe, C.C. Bray, E. Butler, C.L. Cesar, S. Chapman, M. Charlton // *Physics Letters B*, 2010; DOI: [10.1016/j.physletb.2010.11.004](https://doi.org/10.1016/j.physletb.2010.11.004).
19. Antimatter atoms stored for the first time. [Электронный ресурс]. Science Deily. Режим доступа: <http://www.sciencedaily.com/releases/2010/11/101117141523.htm>.
20. Антиводород [Электронный ресурс]. Википедия электронная энциклопедия. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
21. Антиводород впервые пойман в ловушку. [Электронный ресурс]. Membrana. Люди. Идеи. Технологии. Режим доступа: <http://www.membrana.ru/lenta/?10892>.
22. Ерин Ю. Металлический водород. [Электронный ресурс]. Элементы большой науки. Режим доступа: <http://elementy.ru/news/430773>.
23. P. Cudazzo, G. Profeta, A. Sanna, A. Floris, A. Continenza, S. Massidda, E. K. U. Gross. [Ab Initio Description of High-Temperature Superconductivity in Dense Molecular Hydrogen](#) // *Physical Review Letters*, 100, 257001 (2008).
24. Eva Zurek, Roald Hoffmann, N. W. Ashcroft, Artem R. Oganov, Andriy O. Lyakhov. [A little bit of lithium does a lot for hydrogen](#) // *PNAS*. October 20, 2009. V. 106. P. 17640–17643.
25. Ерин Ю. Гидриды лития помогают изучать свойства металлического водорода [Электронный ресурс]. Элементы большой науки. Режим доступа: <http://elementy.ru/news/431203>.
26. Перемещения электронов в атомах могут в будущем оказаться заснятыми на «плёнку» [Электронный ресурс]. Nano News №1. Сайт о нанотехнологиях № 1 в России. Режим доступа: <http://www.nanonewsnet.ru>.
27. Real-time observation of valence electron motion / Eleftherios Goulielmakis, Zhi-Heng Loh, Adrian Wirth, Robin Santra, Nina Rohringer, Vladislav S. Yakovlev, Sergey Zherebtsov, Thomas Pfeifer, Abdallah M. Azzeer, Matthias F. Kling, Stephen R. Leone, Ferenc Krausz // *Nature* Vol. 466, 05 August, 2010. – P. 739 – 743.
28. Колесников В.А. Краткий обзор новых достижений в области водородного материаловедения. Современные представления об атоме водорода // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СНУ ім. В.Даля, 2011. – № 2(156) Частина 2. – с. 192 - 199.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ,  
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ім. ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ, ЛУГАНСЬК,  
КРАСНОДОНСЬКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
ІНЖЕНЕРІЇ ТА МЕНЕДЖМЕНТУ СНУ ім. ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ,  
КРАСНОДОН,  
АНТРАЦИТІВСЬКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ГІРНИЦТВА ТА ТРАНСПОРТУ  
СНУ ім. ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ, АНТРАЦИТ,  
ІНСТИТУТ ХІМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ СНУ ім. ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ,  
РУБІЖНЕ,  
ФАКУЛЬТЕТ ЛІНГВІСТИКИ ТА СЛОВЕСНОСТІ,  
ФГАОУ «ПІВДЕННИЙ ФЕДЕРАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»,  
РОСТОВ-НА-ДОНУ, РОСІЙСЬКА ФЕДЕРАЦІЯ,  
ДОНЕЦЬКИЙ ФІЛІАЛ ІНСТИТУТУ УПРАВЛІННЯ, БІЗНЕСУ ТА ПРАВА  
ПІВДЕННОРОСІЙСЬКОГО УНІВЕРСИТЕТУ,  
ДОНЕЦЬК, РОСІЙСЬКА ФЕДЕРАЦІЯ  
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Г. В. КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ, ЛЬВІВ,  
НАУКОВА РАДА НАН УКРАЇНИ З ПРОБЛЕМИ  
«ФІЗИКО-ХІМІЧНА МЕХАНІКА МАТЕРІАЛІВ»,  
ЗАХІДНОПОМОРСЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
ЩЕЦІН, ПОЛЬЩА,  
КРАСНОДОНСЬКИЙ ОБЛАСНИЙ ОРДЕНА ДРУЖБИ НАРОДІВ МУЗЕЙ  
«МОЛОДА ГВАРДІЯ», КРАСНОДОН

**МАТЕРІАЛИ**  
**VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО – ПРАКТИЧНОЇ**  
**КОНФЕРЕНЦІЇ "ЕКОНОМІЧНІ, ЕКОЛОГІЧНІ ТА**  
**СОЦІАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВУГІЛЬНИХ РЕГІОНІВ**  
**СНД"**

**19 квітня 2013 р.**



**КРАСНОДОН 2013**

**УДК 658+504+364.14**

**ББК 65.30+65.28+65.27**

**Рецензенти:**

Рамазанов С.К. – професор, д.т.н., д.е.н.

Харковський Б.Т. – професор, к.т.н.

**УДК 658+504+364.14**

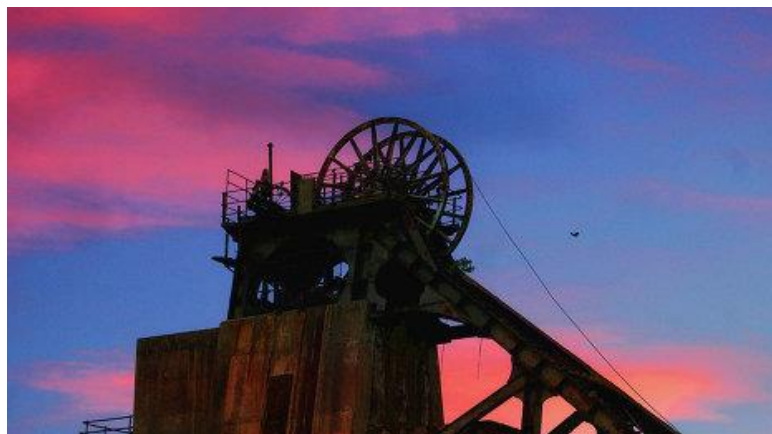
**ББК 65.30+65.28+65.27**

Рекомендовано до друку Вченою радою Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ,  
ВОСТОЧНОУКРАИНСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. ВЛАДИМИРА ДАЛЯ, ЛУГАНСК,  
КРАСНОДОНСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
ИНЖЕНЕРИИ И МЕНЕДЖМЕНТА ВНУ им. ВЛАДИМИРА ДАЛЯ,  
КРАСНОДОН,  
АНТРАЦИТОВСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ТРАНСПОРТА  
ВНУ им. ВЛАДИМИРА ДАЛЯ, АНТРАЦИТ,  
ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВНУ им. ВЛАДИМИРА ДАЛЯ,  
РУБЕЖНОЕ,  
ФАКУЛЬТЕТ ЛИНГВИСТИКИ И СЛОВЕСНОСТИ, ФГАОУ  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»,  
РОСТОВ-НА-ДОНУ, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ,  
ДОНЕЦКИЙ ФИЛИАЛ ИНСТИТУТА УПРАВЛЕНИЯ, БИЗНЕСА И ПРАВА  
ЮЖНОРОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА,  
ДОНЕЦК, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ.  
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
им. Г. В. КАРПЕНКО НАН УКРАИНЫ, ЛЬВОВ,  
НАУЧНЫЙ СОВЕТ НАН УКРАИНЫ ПО ПРОБЛЕМЕ  
«ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ»,  
ЗАПАДНО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ,  
ЩЕЦИН, ПОЛЬША,  
КРАСНОДОНСКИЙ ОБЛАСТНОЙ ОРДЕНА ДРУЖБЫ НАРОДОВ МУЗЕЙ  
«МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ», КРАСНОДОН**

## **МАТЕРИАЛЫ**

***VI МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ  
"ЭКОНОМИЧЕСКИЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И  
СОЦИАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УГОЛЬНЫХ РЕГИОНОВ  
СНГ"  
19 апреля 2013 г.***



**КРАСНОДОН, 2013**

## ЗМІСТ

№ п/п	ПІБ авторів та назва публікації	стор.
1.	<i>Артеменко В.О.</i> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РЕГУЛЮВАННЯ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНИХ ЗВ'ЯЗКІВ РЕГІОНУ КРАСНОДОНЩИНИ	4
2.	<i>Василенко Н.А., Костенко И.Г.</i> ФАЗОВИЙ СОСТАВ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ В НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЕ МЕТОДОМ ИОННОЙ ИМПЛАНТАЦИИ	7
3.	<i>Кладов М.Б.</i> О ВАЖНОСТИ МАРКЕТИНГОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УЧРЕЖДЕНИЯХ КУЛЬТУРЫ	10
4.	<i>Галич Р.В.</i> ОЧИСТКА ВОЗДУХА ОТ ПЫЛИ В ШАХТАХ ДОНБАССА ВИХРЕВЫМИ АППАРАТАМИ СО ВСТРЕЧНЫМИ ЗАКРУЧЕННЫМИ ПОТОКАМИ	14
5.	<i>Косоногова Л.Г., Рябичев В.Д., Каверзина В.В.</i> РОЛЬ ГОСУДАРСТВА В РАЗВИТИИ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	18
6.	<i>Черных А.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСЕРГЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА К УСТАНОВКАМ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ С НИЗКОКИПЯЩИМ РАБОЧИМ ТЕЛОМ	21
7.	<i>Черних В.І., Чернишева О.К.</i> ЗАСТОСУВАННЯ БІОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ	24
8.	<i>Колесніков В.О., Куриной Е.В., Дрьомов А.О.</i> АНАЛІЗ НОВИХ ДОСЯГНЕНЬ В ОБЛАСТІ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛОЗНАВСТВА, ЯК ІНСТРУМЕНТУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ	27
9.	<i>Балицький О.І., Еліаш Я., Колесніков В.О.</i> СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ВОДНЕВЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА ВОДЕНЬ	32
10.	<i>Дёмушкина Ю.В.</i> ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СЛУЖАЩИХ КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ БЕЗРАБОТНЫМ НА ЛУГАНЩИНЕ	39
11.	<i>Артеменко В.О., Артеменко Д.В.</i> ФІСКАЛЬНА ПОЛІТИКА ТА МЕТОДИКА АДМІНІСТРУВАННЯ В ОПОДАТКУВАННІ МАЙНОВОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВ КРАСНОДОНЩИНИ	43
12.	<i>Чепракова М.А.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ СТУДЕНТА С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ НАУКИ	47
13.	<i>Ковалева А. Ю., Григорьева А.А.</i> ВЕРНАДСКИЙ В. И. – ФИЛОСОФ ЖИВОГО ВЕЩЕСТВА	51
14.	<i>Черних В.І., Чернишева О.К.</i> ЗАСТОСУВАННЯ БІОМОНІТОРИНГУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ВОДИ В ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНАХ	54
15.	<i>Шеховцов Ю.І., Заїграєв Л.С.</i> СТАЛИЙ РОЗВИТОК МІСТА ЛУГАНСЬК В АСПЕКТІ АВТОМОБІЛІЗАЦІЇ	57

МАТЕРІАЛИ

**VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО–ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ "ЕКОНОМІЧНІ, ЕКОЛОГІЧНІ ТА  
СОЦІАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВУГІЛЬНИХ РЕГІОНІВ СНД"**

Укладач:

Валерій Олександрович Колесніков

Редактор Пузанкова Н.М.  
Техн. редактор  
Оригінал-макет Колесніков В.О.

Підписано до друку \_\_\_\_\_  
Формат 60841/16 □Папір друкар. Гарнітура Times.  
Друк офсетний. Вим. друк. л. 1,0. Навч.-вид. л. \_\_\_\_\_.  
Тираж \_\_\_ примірників. Видавництво № \_\_\_\_\_. Замовлення № \_\_\_\_\_. Ціна  
договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету  
імені Володимира Даля  
Краснодонський факультет інженерії та менеджменту

Адреса видавництва: 91034, м. Луганськ, кв. Молодіжний, 20а  
Телефон: (0642) 41-34-12, факс. (0642) 41-31-60  
E-mail: [uni@snu.edu.ua](mailto:uni@snu.edu.ua) <http://www.snu.edu.ua>

*112. Балицький О.І., Еліаш Я., Колесніков В.О.* Сучасні уявлення про водневе матеріалознавство та водень // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції “Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД» 19 квітня 2013 р., м. Краснодар. С. 32 - 38.

Современные представления о водородном материаловедении и водород.

Modern concepts of hydrogen material science and hydrogen.

[https://www.researchgate.net/publication/334725985\\_Balickij\\_OI\\_Elias\\_A\\_Kolesnikov\\_VO\\_Sucasni\\_uavlenna\\_pro\\_vodneve\\_materialoznavstvo\\_ta\\_voden\\_Materiali\\_VI\\_Miznarodnoi\\_naukovo-practicnoi\\_konferencii\\_Ekonomichni\\_ekologichni\\_ta\\_socialni\\_problemi\\_vugilnih\\_re](https://www.researchgate.net/publication/334725985_Balickij_OI_Elias_A_Kolesnikov_VO_Sucasni_uavlenna_pro_vodneve_materialoznavstvo_ta_voden_Materiali_VI_Miznarodnoi_naukovo-prakticnoi_konferencii_Ekonomichni_ekologichni_ta_socialni_problemi_vugilnih_re)