

NANOTECHNOLOGY AND ENVIRONMENT

Pishuk O.V.*, **Teslenko L.O.⁽¹⁾**, **Pishuk V.K.⁽¹⁾**, **Schur D.V.⁽¹⁾**, **Lysenko E.A.**
 National Technical University of Ukraine "KPI", 37 Pobedy ave, Kiev, 03056 Ukraine
⁽¹⁾ Institute for Problems of Materials Science of NAS of Ukraine, Laboratory 67,
 3 Krzhizhanovsky str, Kiev, 03142 Ukraine

Introduction

The newest nanoproces designs and knowledge obtained recently about biosphere [1, 2] evidence the necessity of taking into account unknown before environmental factors. Every year all new matters appearing as result of mankind activity are added to the chemical agents of a biosphere. Therefore, to present the scale of new problems facing to ecological science, first of all it is necessary to locate nanoscience among other natural sciences and to understand its correlation with ecology.

In the given message the questions of correlation and intercoupling of nanoscience and Ecology, nanotechnology and biosphere are considered.

The field of action for modern Ecology and nanoscience

Depending on dimension and complexity of organization and subject to classification of nanoobjects according to [3] animate and inanimate nature objects might be divided conventionally into 23 levels (Table 1). Including biostructures (column on the right) their list starts from subfundamental quarks-type particles and ends to Universe on the whole. With the help of this scheme the levels covered modern natural sciences may be shown rather legibly.

For example, Biology 3–17 levels. Chemistry studies first of all 2–7 levels, but application its laws is extended to 8–21 interval.

The general laws of Physics are concerned all levels, though the scientists study today maximum actively objects observed on the both ends of this list (1–7 and 17–23).

1–7 levels, which called conditionally «nanocosm», nanoscience studies by vocation, but in the near future its laws will be allowed on all 1–23 levels.

6–18 levels are allowed at present by consideration of ecological problems first of all, but in the near future, being cooperated with other sciences, including nanoscience, Ecology will be extended to the highest (19, 20) levels and to the lowest (3–6) levels.

	Inanimate nature		Animate nature
Megacosm	???		
	Universe	23	
	Galaxy system	22	
	Galaxy	21	
	Planetary system	20	
	Planets	19	
	The Earth	18	???
Macro	Inanimate bodies	17	Biosphere
		16	Ecosystem
		15	Grouping

		and agents	14	Population
			13	Organism
			12	System
			11	Organ
			10	Tissue
Microcosm		Dust, silt, sand (middle diameter $d > 1 \mu\text{m}$)	9	Cell
			8	Protoplasma
Nanocosm		Ultra dispersed particle ($d > 30 \text{ nm}$)	7	Bacterium ($d > 100 \text{ nm}$)
		Colloidal metal, black, aerosol ($d = 10\text{-}30 \text{ nm}$)	6	Virus ($d > 10 \text{ nm}$)
		Cluster compound of metals, $3 - 2 \times 10^4$ atoms ($d = 0.55\text{-}10 \text{ nm}$)	5	Molecule
		Binuclear compound, coupling metal-metal ($d = 0.45\text{-}0.60 \text{ nm}$)	4	
		Mononuclear compound of metals ($d = 0.24\text{-}0.34 \text{ nm}$)	3	
		Fundamental particle	2	
		Subfundamental particle	1	
		???		

Table 1. Organization levels of a substance and the field of action for modern Ecology and nanoscience.

Correlation and intercoupling of nanotechnology and biosphere

The pollutions of the environment called by nanostructural particles are possible to divide conditionally into two parts:

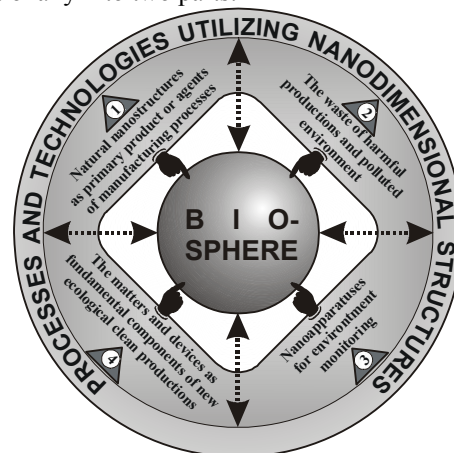


Fig. 1. Scheme, indicating the correlation and the intercoupling of nanotechnology and biosphere.

* Fax: 38 (044) 424 0381 E-mail: shurzag@materials.kiev.ua

a) the pollutions, related to the current engineering (for example, nanoparticles in exhaust gases of diesel motors etc.) and with the current industrial productions (for example, the use of quartz and asbestos fibres etc.);

b) the pollutions, related to the new matters and manufacturing processes.

In many cases the nanotechnologies represent the new manufacturing processes, and their potential hazard to an environment should be studied and estimated carefully. Stable and insulated nanoparticles can be utilized as structural elements of materials or as independent objects in more large-scale or passive structures. On the scheme (Fig. 1) four groups of objects of an environment, related to production and spreading of nanostructural materials, are selected (groups are indicated in numerals 1, 2, 3, 4).

Natural nanostructures, used as primary product or agents of manufacturing processes are objects of the first group:

- the zeolites and other porous rocks as ion-exchangers in water-purification systems;
- clay and zeolites as shielding materials in radioactive waste storages;
- inorganic fertilizers for adjustable allocation of iron, phosphorus and other nutrient materials from them;

- the aluminosilicates for introducing in foodstuff as the structuring agents (for example, producing unlaetic dietary cream) or the zeolites as the components in forage promoting the fast growth of animals;

- silica gel and others nanophase solid matters as dehydrating agents (desiccants).

The waste of harmful productions and polluted environment are objects of the second group:

- the particles of pollutants located in water (< 300 nm) are possible to isolate with the help of materials based on modified carbon nanotubes and inorganic fullerenes, possessing particular chemical functionality and selectivity;

- dangerous organic compounds, cells, viruses and toxicant chemicals located in air (< 20 nm) are possible to isolate with the help of nanodimensional TiO₂ particles, subjected to the ultra-violet treatment;

- the atoms of heavy metals binded by nanodimensioned absorbers or by passivation of a polluted surface;

- habitability environment on space stations and in closed rooms, supported by regenerating systems;

- a waste on dumps recycled by binding of pollutants with nanostructural materials at their introducing into effluent as the active agents.

The third group include *nanoapparatuses for monitoring of environment* containing nanoparticles; for research and control of products and waste of chemical productions:

- the counters of nanoparticles, grown by condensation from a gas phase, allow the registration of particles less than the 3 nm size in air;

- the devices permit to register particles the 1 nm size and less within several seconds by the analysis of

differential movability of nanoparticles (particles, charged by a single plus - minus charge, are moved under operating of an electrical field across a flow free of nanoparticles. They are discharged as monodispersed aerosol).

The matters and devices as fundamental components of new ecological clean productions are included in the final fourth group:

- a) an increase in power efficiency and a reduction in harmful waste in systems for energy conversion:

- the nanosystems can be the basis for productions of renewable power sources with much less harmful emissions – battery electrodes, electrodes of fuel cells for vehicles etc. (for example, the use of V₂O₅ aerogel in cathodes of lithium batteries and of the nanodimensional components in cathodes of Ni-MeH batteries and replacement of ecological harmful Ni-Cd batteries) by them;

- the nanodimensional reagents increase efficiency of catalytic reactions (reactions rate, products yield);

- b) the composite nanomaterials can be utilised for infiltration systems (for example ordered mesoporous material MCM-41), and as materials for protective shields;

- c) the oriented single-wall carbon nanotubes as materials for cold emission and ecologically safety displays;

- d) the matters for regulation of a drug preparations transfer inside an organism, materials of an effective dialysis, high-performance drug sorbents.

Every year the above list of objects is enlarged. However, the interdisciplinary researches of molecular and nano-scale processes in natural systems are necessary to perform for a more effective application of ecological clean nanotechnological processes. Thus, the special attention should be given to analysis of an interaction between organic and inorganic structures in nano-scale processes.

Conclusions

The preferences of the nanotechnologies may be realized in a maximum degree and without damage to an environment under condition of accurate comprehension of correlation and intercoupling of nanotechnology and biosphere.

The processes, occurring at the interfaces of animate and inanimate nature, in many respects determine a biosphere condition. The analysis of dynamics processes, specific for nanostructures, will allow us to understand the mechanisms of transfer and application of nanotechnologies to improve the ecologically situation.

References

1. Anikina NS, Schur DV, Simanovskiy AP, Zolotareno AD, Dubovoy AG, Ivanchenko NV; Problem on fullerene production by electric arc method, Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides", Ukraine, 590-591, 2001,
2. Matysina ZA, Schur DV; Hydrogen and solid phase transformations in metals, alloys and fullerenes,

- Dnepropetrovsk: Nauka i obrazovanie, 420p (in Russian),2002,
3. Matysina ZA, Pogorelova OS, Zaginaichenko S Yu, Schur DV; The surface energy of crystalline CuZn and FeAl alloys, *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 56,1,9-14, 1995, Elsevier
 4. Schur DV, Lavrenko VA, Adejev VM, Kirjakova IE; Studies of the hydride formation mechanism in metals, *International journal of hydrogen energy*, 19,3,265-268, 1994, Elsevier
 5. Schur DV, Dubovoi AG, Anikina NS, Zaginaichenko S Yu, Dobrovol'skij VD, Pishuk VK, Tarasov BP, Shul'ga Yu M, Meleshevich KA, Pomytkin AP; The production of ultrafine powders of fullerites by the salting out method, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Alushta-Cremia-Ukraine, September, 16-22, 2001,
 6. Tarasov BP, Shul'ga Yu M, Fokin VN, Vasilets VN, Shul'ga N Yu, Schur DV, Yartys VA; Deuterofullerene C₆₀D₂₄ studied by XRD, IR and XPS, *Journal of alloys and compounds*, 314,1,296-300, 2001, Elsevier
 7. Tarasov BP, Fokin VN, Moravsky AP, Shul'ga Yu M, Yartys VA, Schur DV; Promotion of fullerene hydride synthesis by intermetallic compounds, *Hydrogen energy progress*, 2, 1221-1230, 1998,
 8. Schur DV, Zaginaichenko S Yu, Matysina ZA, Smityukh I, Pishuk VK; Hydrogen in lanthan-nickel storage alloys, *Journal of alloys and compounds*, 330,70-75, 2002, Elsevier
 9. Schur DV, Tarasov BP, Shul'ga Yu M, Zaginaichenko S Yu, Matysina ZA; Research of Fullerites Hydrogen Capacity, *Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides: Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on. Alushta Crimea, Ukraine, 16-22 September 2001*, 1, 2002, Kluwer Academic Pub
 10. Lavriv LV, Anikina NS, Simanovskij AP, Zolotareno AD, Schur DV; Features of fullerene extraction with toluene, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 596, 2001
 11. Schur DV, Zaginaichenko S Yu, Adejev VM, Voitovich VB, Lyashenko AA, Trefilov VI; Phase transformations in titanium hydrides, *International journal of hydrogen energy*, 21,11,1121-1124, 1996, Pergamon
 12. Schur DV, Tarasov BP, Zaginaichenko S Yu, Pishuk VK, Veziroglu TN, Shul'ga Yu M, Dubovoi AG, Anikina NS, Pomytkin AP, Zolotareno AD; The prospects for using of carbon nanomaterials as hydrogen storage systems, *International journal of hydrogen energy*, 27,10,1063-1069, 2002, Pergamon
 13. Shul'ga Yu M, Martynenko VM, Tarasov BP, Fokin VN, Rubtsov VI, Shul'ga N Yu, Krasochka GA, Chapysheva NV, Shevchenko VV, Schur DV; On the thermal decomposition of the C₆₀D₁₉ deuterium fullerite, *Physics of the Solid State*, 44,3,545-547, 2002, Nauka/ Interperiodica
 14. Pishuk VK, Schur DV, Bogolepov VA, Savenko AF, Zaginaichenko SYu, Zolotareno AD, Mar'yanchuk IV, Prikhod'ko AB; Problem on production of highly dispersed extra pure powders, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 586-587, 2001,
 15. Matysina ZA, Zaginaichenko S Yu, Schur DV, Pishuk VK; Theoretical investigation of isopleths of hydrogen solubility in transition metals, *Journal of alloys and compounds*, 330,85-88, 2002, Elsevier
 16. Trefilov VI, Schur DV, Pishuk VK, Zaginaichenko S Yu, Choba AV, Nagornaya NR; The solar furnaces for scientific and technological investigation, *Renewable energy*, 16,1,757-760, 1999, Elsevier
 17. Трефилов ВИ, Щур ДВ, Загинайченко СЮ; Фуллерены-основа материалов будущего, 2001, Laboratory 67
 18. Schur Dmitry V, Zaginaichenko Svetlana Yu, Veziroglu T Nejat, Javadov NF; The Peculiarities of Hydrogenation of Fullerene Molecules C₆₀ and Their Transformation, *Black Sea Energy Resource Development and Hydrogen Energy Problems*, 191-204, 2013, Springer Netherlands
 19. Kharlamov AI, Loytchenko SV, Kirillova NV, Kaverina SN, Vasilev AD, Fomenko VV, Zolotareno AD, Kazimirov VP; Tubular and filamentous nanostructures of hexagonal silicon carbide, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 572-574, 2001,
 20. Slys IG, Berezanskaya VI, Schur DV, Zaginaichenko SYu, Rogozinskaya AA, Adejev VM, Zolotareno AD; Making the point metal coatings on the particles of hydride-forming intermetallides, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 404-405, 2001,
 21. Schur DV, Matysina ZA, Zaginaichenko S Yu; Theoretical study of interstitial atoms distribution in the bulk and at the surface of crystal. Surface segregation, *Journal of alloys and compounds*, 330,81-84, 2002, Elsevier
 22. Schur DV, Matysina ZA, Zaginaichenko S Yu; Study of physico-chemical processes on catalyst in the course of synthesis of carbon nanomaterials, *Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides: Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on. Alushta Crimea, Ukraine, 16-22 September 2001*, 235, 2002, Kluwer Academic Pub
 23. Muratov VB, Meleshevich KA, Bolgar AS, Zolotareno AD; Application of dynamic calorimetry method for investigation of enthalpy at hydride dissociation, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 342-343, 2001,

НАНОТЕХНОЛОГИИ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Пишук О.В.*, Тесленко Л.О.⁽¹⁾, Пишук В.К.⁽¹⁾, Щур Д.В.⁽¹⁾, Лысенко Е.А.⁽¹⁾

Национальный технический университет «КПИ», пр. Победы 37, Киев, 03056 Украина,

⁽¹⁾ Институт проблем материаловедения НАНУ, лаборатория № 67, Киев, Украина

Введение

Новейшие разработки в области нанотехнологий и полученные в последнее время знания о биосфере [1, 2] свидетельствуют о необходимости учета ранее неизвестных экологических факторов. С каждым годом к химическим агентам биосферы добавляются все новые вещества, появившиеся вследствие деятельности человека. Поэтому, чтобы представить масштабность новых задач, стоящих перед экологической наукой, прежде всего необходимо определить место нанонауки среди других естественных наук и понять ее связь с экологией.

В данном сообщении рассматриваются вопросы взаимовлияния и взаимосвязи нанонауки и экологии, нанотехнологии и биосферы.

Поле деятельности современной экологии и нанонауки

В зависимости от размеров и сложности организации и с учетом классификации согласно [3] живые и неживые природные объекты можно условно разделить на 23 уровня (табл. 1). Включая биоструктуры (колонка справа), их перечень начинается с субэлементарных частиц типа кварков и заканчивается Вселенной в целом. С помощью этой схемы можно довольно четко указать уровни, охватываемые современными естественными науками.

Например, биология изучает уровни 3–17. Химия изучает прежде всего уровни 2–7, но применение ее законов распространяется на интервал 8–21.

Самые общие законы физики касаются всех уровней, хотя учеными максимально активно в настоящее время проводятся исследования объектов, находящихся на обоих концах этого ряда (1–7 и 17–23).

Уровни 1–7, которые условно названы «наномир», призвана изучать нанонаука, но в ближайшем будущем ее законы будут учитываться на всех уровнях 1–23.

В настоящее время при рассмотрении экологических проблем учитывают, прежде всего, уровни 6–18, но в недалеком будущем, кооперируясь с другими науками, в том числе и

с нанонаукой, экология будет распространяться как на высшие (19, 20), так и на низшие (3–6) уровни.

	Неживая природа		Живая природа
Мезамир	???		
	Вселенная	23	
	Группа галактик	22	
	Галактика	21	
	Солнечная система	20	
	Планеты	19	
	Земля	18	???
Макромир	Неживые материальные макротела и вещества	17	Биосфера
		16	Экосистема
		15	Группировка
		14	Популяция
		13	Организм
		12	Система
		11	Орган
		10	Ткань
Микромир	Пыль, ил, песок (средний диаметр $d > 1$ мкм)	9	Клетка
		8	Протоплазма
Наномир	Ультрадисперсная частица ($d > 30$ нм)	7	Бактерия ($d > 100$ нм)
	Коллоидный металл, чернь, аэрозоль ($d = 10-30$ нм)	6	Вирус ($d > 10$ нм)
	Кластерное соединение металлов с 3 до 2×10^4 атомами ($d = 0,55-10$ нм)	4	Молекула
	Моноядерное соединение металлов ($d = 0,24-0,34$ нм)	3	
	Элементарная частица	2	
	Субэлементарная частица	1	
	???		

Табл. 1. Уровни организации материи и поле деятельности современной экологии и нанонауки.

Взаимосвязь и взаимовлияние нанотехнологий и биосферы

* Факс: 38 (044) 424 0381 E-mail: shurzag@materials.kiev.ua.

Загрязнения окружающей среды, вызванные наноструктурными частицами, условно можно разделить на две части:

а) загрязнения, связанные с существующей техникой (например, наночастицы в выхлопных газах дизельных двигателей и т.д.) и с существующими промышленными производствами (например, при использовании кварцевых и асбестовых волокон и т.д.);

б) загрязнения, связанные с новыми веществами и технологическими процессами.

Во многих случаях нанотехнологии представляют собой новые технологические процессы, и их потенциальная опасность для окружающей среды должна быть тщательно изучена и оценена. Стабильные и изолированные наночастицы могут быть использованы в качестве структурных элементов материалов или в качестве самостоятельных объектов в более крупных активных или пассивных структурах. На схеме (рис. 1) выделены четыре группы объектов окружающей среды, связанные с производством и распространением наноструктурных материалов (обозначены цифрами 1, 2, 3, 4).

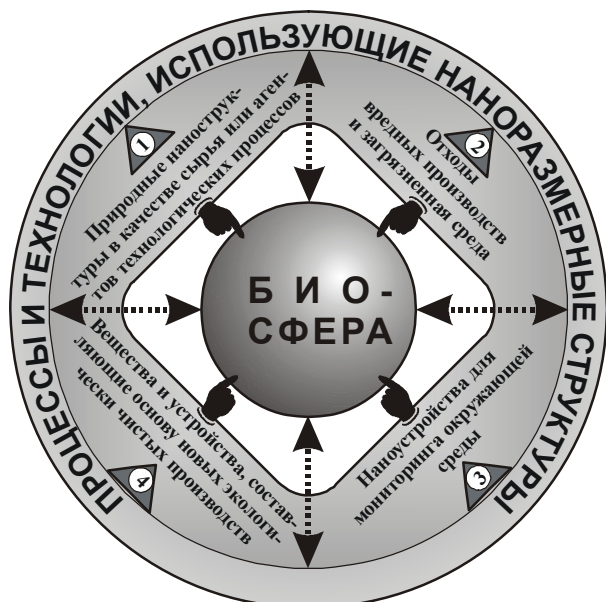


Рис. 1. Схема, отражающая взаимосвязь и взаимовлияние нанотехнологий и биосферы.

К объектам первой группы относятся *природные наноструктуры, используемые в*

качестве сырья или агентов технологических процессов:

- цеолиты и другие пористые породы в качестве ионообменников в системах очистки воды;

- глина и цеолиты в качестве защитных материалов в хранилищах радиоактивных отходов;

- неорганические удобрения для регулируемого выделения из них железа, фосфора и других питательных веществ;

- алюмосиликаты для введения в пищевые продукты в качестве структурирующих агентов (например, получение немолочных диетических сливок) или цеолиты как добавки в корма для животных, способствующие быстрому росту;

- силикагель и другие нанофазные твердые вещества в качестве обезвоживающих средств (осушителей).

Ко второй группе относятся *отходы вредных производств и загрязненная среда:*

- частицы загрязняющих веществ, находящихся в воде (<300 нм), изолировать которые можно с помощью материалов на основе модифицированных углеродных нанотрубок и неорганических фуллеренов, обладающих специфической химической функциональностью и избирательностью;

- находящиеся в воздухе опасные органические соединения, клетки, вирусы и ядовитые химикаты (<20 нм), изолировать которые можно с помощью наноразмерных частиц TiO₂, подвергнутых ультрафиолетовому облучению;

- атомы тяжелых металлов, связываемые наномасштабными поглотителями или путем пассивирования загрязненной поверхности;

- среда жизнедеятельности на космических станциях и в замкнутых помещениях, поддерживаемая регенерирующими системами;

- мусор на свалках, перерабатываемый путем связывания загрязняющих веществ наноструктурными материалами при введении их в жидкие отходы в качестве активных агентов.

Третья группа включает *наноприборы для мониторинга окружающей среды, содержащей наночастицы, исследования и контроля продуктов и отходов химических производств:*

- счетчики наночастиц, выращенных конденсацией из газовой фазы, позволяют

регистрировать в воздухе частицы размером менее 3 нм;

- устройства, позволяющие путем анализа дифференциальной подвижности наночастиц (частицы заряжаются единичным плюс-минус зарядом, движутся под влиянием электрического поля поперек несодержащего наночастиц потока и разряжаются как монодисперсный аэрозоль) в течение нескольких секунд регистрировать частицы размером 1 нм и ниже.

В заключительную четвертую группу включены *вещества и устройства, составляющие основу новых экологически чистых производств:*

а) повышение энергетического КПД и сокращение вредных отходов в энергопреобразующих системах:

- наносистемы могут составить основу производств возобновляемых источников энергии с гораздо меньшими вредными выбросами - электроды аккумуляторов, топливных элементов для транспортных средств и т.д. (например, использование аэрогеля V_2O_5 в катодах литиевых аккумуляторов и наноразмерных добавок в катодах Ni-MeH аккумуляторов и замена ими экологически вредных никель-кадмиевых);

- наноразмерные реагенты повышают эффективность каталитических реакций (скорость реакций, выход продуктов);

б) композиционные наноматериалы могут быть использованы для систем фильтрации (на примере упорядоченного мезопористого материала MCM-41), а также как материалы защитных экранов;

в) ориентированные одностенные углеродные нанотрубки как материалы для холодной эмиссии и экологически безопасных дисплеев мониторов;

г) вещества для регулирования переноса лекарственных препаратов внутри организма, материалы эффективного диализа, высокоэффективные сорбенты медицинского назначения.

С каждым годом приведенный перечень объектов расширяется и дополняется. Однако, для более эффективного внедрения экологически чистых нанотехнологических процессов необходимо провести междисциплинарные исследования молекулярных и наноразмерных процессов в природных системах. При этом

особое внимание следует уделять изучению взаимодействия органических и неорганических структур в наномасштабных процессах.

Выводы

Преимущества нанотехнологий могут быть реализованы в максимальной степени и без ущерба для окружающей среды при условии четкого понимания взаимосвязи и взаимовлияния нанотехнологий и биосферы.

Процессы, происходящие на границах раздела живой и неживой природы, во многом определяют состояние биосферы. Изучение динамики процессов, специфичных для наноструктур, позволит понять механизмы переноса и использования нанотехнологий для улучшения экологической обстановки.

Литература

1. Anikina NS, Schur DV, Simanovskiy AP, Zolotareno AD, Dubovoy AG, Ivanchenko NV; Problem on fullerene production by electric arc method, Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides", Ukraine, 590-591, 2001,
2. Matysina ZA, Schur DV; Hydrogen and solid phase transformations in metals, alloys and fullerenes, Dnepropetrovsk: Nauka i obrazovanie, 420p (in Russian), 2002,
3. Matysina ZA, Pogorelova OS, Zaginaichenko S Yu, Schur DV; The surface energy of crystalline CuZn and FeAl alloys, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 56, 1, 9-14, 1995, Elsevier
4. Schur DV, Lavrenko VA, Adejev VM, Kirjakova IE; Studies of the hydride formation mechanism in metals, International journal of hydrogen energy, 19, 3, 265-268, 1994, Elsevier
5. Schur DV, Dubovoi AG, Anikina NS, Zaginaichenko S Yu, Dobrovolskiy VD, Pishuk VK, Tarasov BP, Shul'ga Yu M, Meleshevich KA, Pomytkin AP; The production of ultrafine powders of fullerenes by the salting out method, Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides", Alushta-Cremia-Ukraine, September, 16-22, 2001,
6. Tarasov BP, Shul'ga Yu M, Fokin VN, Vasilets VN, Shul'ga N Yu, Schur DV, Yartys VA; Deuterofullerene C 60 D 24 studied by XRD, IR and XPS, Journal of alloys and compounds, 314, 1, 296-300, 2001, Elsevier
7. Tarasov BP, Fokin VN, Moravsky AP, Shul'ga Yu M, Yartys VA, Schur DV; Promotion of fullerene hydride synthesis by intermetallic compounds, Hydrogen energy progress, 2, 1221-1230, 1998,

8. Schur DV, Zaginaichenko S Yu, Matysina ZA, Smityukh I, Pishuk VK; Hydrogen in lanthan-nickel storage alloys, *Journal of alloys and compounds*, 330, 70-75, 2002, Elsevier
9. Schur DV, Tarasov BP, Shul'ga Yu M, Zaginaichenko S Yu, Matysina ZA; Research of Fullerites Hydrogen Capacity, *Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides: Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on. Alushta Crimea, Ukraine, 16-22 September 2001*, 1, 2002, Kluwer Academic Pub
10. Lavriv LV, Anikina NS, Simanovskij AP, Zolotarenko AD, Schur DV; Features of fullerene extraction with toluene, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 596, 2001
11. Schur DV, Zaginaichenko S Yu, Adejev VM, Voitovich VB, Lyashenko AA, Trefilov VI; Phase transformations in titanium hydrides, *International journal of hydrogen energy*, 21, 11, 1121-1124, 1996, Pergamon
12. Schur DV, Tarasov BP, Zaginaichenko S Yu, Pishuk VK, Veziroglu TN, Shul'ga Yu M, Dubovoi AG, Anikina NS, Pomytkin AP, Zolotarenko AD; The prospects for using of carbon nanomaterials as hydrogen storage systems, *International journal of hydrogen energy*, 27, 10, 1063-1069, 2002, Pergamon
13. Shul'ga Yu M, Martynenko VM, Tarasov BP, Fokin VN, Rubtsov VI, Shul'ga N Yu, Krasochka GA, Chapysheva NV, Shevchenko VV, Schur DV; On the thermal decomposition of the C60D19 deuterium fullerite, *Physics of the Solid State*, 44, 3, 545-547, 2002, Nauka/ Interperiodica
14. Pishuk VK, Schur DV, Bogolepov VA, Savenko AF, Zaginaichenko SYu, Zolotarenko AD, Mar'yanchuk IV, Prikhod'ko AB; Problem on production of highly dispersed extra pure powders, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 586-587, 2001,
15. Matysina ZA, Zaginaichenko S Yu, Schur DV, Pishuk VK; Theoretical investigation of isopleths of hydrogen solubility in transition metals, *Journal of alloys and compounds*, 330, 85-88, 2002, Elsevier
16. Trefilov VI, Schur DV, Pishuk VK, Zaginaichenko S Yu, Choba AV, Nagornaya NR; The solar furnaces for scientific and technological investigation, *Renewable energy*, 16, 1, 757-760, 1999, Elsevier
17. Трефилов ВИ, Щур ДВ, Загинайченко СЮ; Фуллерены-основа материалов будущего, 2001, Laboratory 67
18. Schur Dmitry V, Zaginaichenko Svetlana Yu, Veziroglu T Nejat, Javadov NF; The Peculiarities of Hydrogenation of Fullerene Molecules C60 and Their Transformation, *Black Sea Energy Resource Development and Hydrogen Energy Problems*, 191-204, 2013, Springer Netherlands
19. Kharlamov AI, Loytchenko SV, Kirillova NV, Kaverina SN, Vasilev AD, Fomenko VV, Zolotarenko AD, Kazimirov VP; Tubular and filamentous nanostructures of hexagonal silicon carbide, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 572-574, 2001,
20. Slys IG, Berezanskaya VI, Schur DV, Zaginaichenko SYu, Rogozinskaya AA, Adejev VM, Zolotarenko AD; Making the point metal coatings on the particles of hydride-forming intermetallides, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 404-405, 2001,
21. Schur DV, Matysina ZA, Zaginaichenko S Yu; Theoretical study of interstitial atoms distribution in the bulk and at the surface of crystal. Surface segregation, *Journal of alloys and compounds*, 330, 81-84, 2002, Elsevier
22. Schur DV, Matysina ZA, Zaginaichenko S Yu; Study of physico-chemical processes on catalyst in the course of synthesis of carbon nanomaterials, *Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides: Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on. Alushta Crimea, Ukraine, 16-22 September 2001*, 235, 2002, Kluwer Academic Pub
23. Muratov VB, Meleshevich KA, Bolgar AS, Zolotarenko AD; Application of dynamic calorimetry method for investigation of enthalpy at hydride dissociation, *Proceedings of VII International Conference "Hydrogen Material Science and Chemistry of Metal Hydrides"*, Ukraine, 342-343, 2001,