

АНОТАЦІЯ

Марфунін М. О. Формування агрегатів фулерену C_{70} та коагуляція електролітами в розчинниках різної природи. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук (доктора філософії) за спеціальністю 102 «Хімія» (10 – Природничі науки). – Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, Харків, 2024.

Останнім часом фулерени увійшли до найбільш популярних хімічних сполук. Вони використовуються як у новітніх нанотехнологіях (мікроелектроніка, оптика, паливні елементи, тощо), так і у біохімії та біомедицині. Як правило, їх використання пов'язане з виготовленням та подальшим застосуванням розчинів (істинних, або таких, що містять кластери фулеренів). Тому дослідженню саме розчинених форм фулеренів присвячено багато публікацій, і потік таких робіт не зупиняється.

Водні колоїдні дисперсії фулеренів добре вивчені. Для таких розчинів досліджено формування за різних умов, стабільність отриманих дисперсій по відношенню до різноманітних факторів, а також досліджується їх токсичність, вплив на навколишнє середовище чи окремі організми, тощо. Але при цьому результати різних дослідницьких груп інколи досить суперечливі. Не може вважатися остаточною існуюча оцінка константи Гамакера для взаємодії фулерен–фулерен, A_{FF} .

Здебільшого наявні дослідження фулеренів у неводних середовищах стосуються визначення деяких фізико-хімічних параметрів (наприклад, розчинності) та агрегації (структура кластерів, наявність фрактальної структури, розмір агрегатів, оборотність агрегації чи кінетика процесу). Коагуляція фулеренів електролітами у неводному середовищі, на відміну від гідрозолів та водних

суспензій, є вкрай мало дослідженою, за цією темою працює лише відносно невелике коло науковців.

Отже, **метою дисертаційної роботи** було виявлення особливостей формування агрегатів фулерену C_{70} та коагуляції електролітами в розчинниках різної природи.

Досліджено особливості агрегації та коагуляції електролітами різних типів фулерену C_{70} у розчинниках різної природи (з широким діапазоном відносної діелектричної проникності, ϵ_r , можливістю виступати донором водневого зв'язку, кислотністю та основністю, тощо), а також у їх сумішах. Аналіз результатів проведено з використанням класичної та модифікованої теорії ДЛФО.

Додатково було вивчено деякі особливості поведінки фулерену C_{60} у низці систем — як для порівняння з C_{70} , так і для виявлення загальних властивостей фулеренів.

Для дослідження було обрано розчини фулеренів у наступних індивідуальних та змішаних розчинниках: *n*-гексан, ДМСО, ДМФА, вода, метанол–толуен, *n*-гексан–метанол, ацетонітрил–толуен, ДМСО–бензен, ДМСО–вода, ацетонітрил–бензен–ДМСО та ДМФА–вода.

Для проведення експерименту та обробки результатів використано наступні методи та підходи:

- 1) Спектрофотометрія (спектроскопія в УФ- та видимій області): для дослідження змін, спричинених сольватацією, агрегацією та коагуляцією отриманих систем.
- 2) Динамічне розсіювання світла (ДРС): для отримання даних про розміри, електрокінетичні потенціали, а також динаміку їх змін за різних умов.
- 3) Моделювання діаграм Гамакера у рамках теорії ДЛФО: для визначення констант Гамакера, A_{FF} .

Новизна одержаних результатів:

1) Виявлено явище вибіркової сольватації молекул фулерену C_{70} (у тому числі у складі агрегатів) ароматичними та основними компонентами змішаних розчинників.

2) Запропоновано новий метод отримання стабільних дисперсій фулеренів у «поганих» основних розчинниках ДМСО та ДМФА, а також гібридних органогідрозолів. Досліджено особливості стійкості таких дисперсій з плином часу та під дією електролітів.

3) Вперше досліджено агрегативну стійкість і коагуляцію електролітами агрегатів фулерену C_{70} в органічних розчинниках. В той час як пороги швидкої коагуляції в ацетонітрилі і метанолі на три порядки менші ніж у воді, в ДМСО стабільність дисперсій фулеренів спостерігається на рівні такої для гідрозолів.

4) Розроблено новий підхід до визначення констант Гамакера, для фулеренів, що дозволило стверджувати про наявність додаткового стабілізуючого фактору в разі гідрозолів та одержати більш точні значення A_{FF} .

Дослідження положення смуг світлопоглинання у суміші *n*-гексану та бензену показало, що поверхня молекул фулерену вибірково сольватується саме ароматичним компонентом суміші. Також підтверджено, що отримання золів шляхом методу заміни розчинника з вихідних розчинів у неполярних ароматичних рідинах веде до агрегації через прошарок розчинника (з частковим збереженням вихідної сольватної оболонки). Наявність даного ефекту підтверджено спостереженням за зміною спектральних властивостей фулеренів у процесі агрегації.

Як наслідок, порогове значення складу бінарних розчинників, за якого починається агрегація, визначене за допомогою спектрів поглинання, може не співпадати з результатами вимірювання ДРС.

Показано також, що особливості спектру молекулярного фулерену зберігаються і у випадку розчинення фулеренів у ДМСО та ДМФА з утворенням

дисперсій, що також вказує на збереження сольватних оболонок окремих молекул у складі агрегату. Електронний спектр поглинання з часом поступово втрачає ознаки молекулярної форми, що свідчить про видалення молекул розчинника з сольватних оболонок з часом.

Таким чином, підтверджено спорідненість фулеренів як до неполярних ароматичних, так і до основних розчинників. Показано, що початок агрегації залежить від полярності розчинника з урахуванням специфічних взаємодій з фулереном, тобто агрегацію не може бути спрогнозовано лише за загальними параметрами полярності, такими як ϵ_r .

Як у органічних розчинниках, так і у воді колоїдні агрегати фулеренів мають від'ємний заряд.

Дослідження органозолів C_{70} у сумішах ацетонітрил–бензен та ацетонітрил–толуен (за невеликих вмістів ароматичного компоненту) показали, що надзвичайний вплив на коагулюючу дію катіону має як величина заряду, так і характер його локалізації. Наприклад, значення порогів швидкої коагуляції (ПШК) солями, що містять катіони Li^+ , Na^+ , Ag^+ , тетрабутиламонію $((n-Bu)_4N^+)$, Ca^{2+} , La^{3+} становлять 0,02, 0,25, 0,54, 0,64, 0,001 та 0,0007 мМ (1 мМ = 0,001 моль dm^{-3}), відповідно, у суміші ацетонітрил–толуен (9 : 1).

У випадку коагуляції катіонами Li^+ та Na^+ , що повністю зв'язані у комплекс з присутнім криптаном [2.2.2] (що значно знижує густину заряду та покращує сольватацію катіону і, як наслідок, зменшує адсорбцію на колоїдних агрегатах), ПШК склали 1,5 та 5,1 мМ відповідно. Аналогічний результат спостерігається для катіону тетрафенілфосфонію, Ph_4P^+ , (ПШК на рівні 1–4 мМ), для якого перезарядження агрегатів фулерену не спостерігається. Низьке значення ПШК для коагуляції *n*-толуенсульфо кислотою (0,015 мМ) свідчить про основну природу центрів негативного заряду поверхні агрегатів C_{70} . У системах метанол–ароматичний розчинник (9 : 1) ефекти, обумовлені слабкою сольватацією катіонів, дещо менш виражені, але значення ПШК в цілому залишаються на тому ж

рівні і на три порядки нижчі, ніж для гідрозолів. Наприклад, у метанолі ПШК катіонами літію та натрію співпадають і дорівнюють 0,13 мМ. Для фулерену C_{60} закономірності аналогічні.

Встановлено, що у катіонофобному розчиннику ацетонітрил–толуен поведінка катіону Li^+ є більш схожою на типову поведінку двозарядних катіонів (ПШК ближчий до ПШК солями Ca^{2+}), спостерігається явище перезарядження зі зміною електрокінетичного потенціалу з $\zeta = -50$ до $+40$ мВ, що загалом нехарактерно для однозарядних катіонів і не можливе у разі гідрозолів фулеренів.

Також у випадку коагуляції перхлоратом кальцію можливо зафіксувати другий ПШК (ПШК₂ = 1,2 мМ, для позитивно заряджених колоїдних частинок фулерену). Взаємодія з *n*-толуенсульфокислоти також призводить до перезарядження поверхні агрегатів.

У випадку солей Li^+ та Na^+ (без додавання криптанду) ймовірно спостерігається явище гетеро- або взаємної коагуляції, спричинене нерівномірною специфічною адсорбцією таких катіонів на поверхню наночастинок фулеренів. Нееквівалентність адсорбції призводить до існування наночастинок з суттєво відмінними значення електрокінетичних потенціалів.

В той же час солі катіонів з делокалізованим зарядом ($(n-Bu)_4N^+$, Ph_4P^+ або Li^+ та Na^+ за присутності криптанду) демонструють значно вищі значення ПШК, що не може бути пояснене лише різницею у їх розмірах. Це є додатковим підтвердженням специфічних взаємодій катіонів з поверхнею кластерів фулерену.

Значення ПШК фулерену солями Ca^{2+} та La^{3+} є доволі близькими, що не відповідає правилу Шульце–Гарді. Таке явище може бути пояснене стехіометричною взаємодією катіонів з негативними зарядами на поверхні, що є можливим через загалом низьку густину заряду поверхні фулерену. Так розрахована площа, що припадає на одиничний заряд на поверхні, склала: 16 нм² у гідрозолях, 100 – 500 нм² у суміші ацетонітрил–толуену 9 : 1, 400 – 700 нм² у ДМСО, близько 1600 нм² у суміші метанол–толуен 9 : 1.

Вплив сольватації катіону на можливість специфічних взаємодій підтверджена шляхом дослідження коагуляції у більш основних розчинниках (ДМСО, ДМФА), де різниця між ПШК однозарядних катіонів у значній мірі нівелюється або повністю відсутня.

Типовими є дані для коагуляції золів C_{70} іонами Na^+ у різних розчинниках, ПШК у мМ:

CH_3CN	CH_3OH	ДМСО– CH_3CN (3 : 2)	ДМСО	ДМСО– H_2O (1 : 4)	H_2O
0,25	0,13	32	> 180	175	250

Для аналізу отриманих результатів за ДЛФО проведено селекцію результатів з метою виявити найбільш надійні результати (з мінімальним вкладом факторів, що не можуть бути враховані класичною теорією ДЛФО).

Загалом використання ДЛФО дозволяє оцінити значення констант взаємодії фулерен–фулерен (константи Гамакера), виходячи зі значень ПШК та ζ за умов коагуляції в ацетонітрилі та метанолі з 10 % толуену. Отримані значення мають широкий довірчий інтервал і узгоджуються зі значеннями, що отримано іншими авторами. Значення константи Гамакера склали: $(5,8 - 20,2) \times 10^{-20}$ Дж у суміші ацетонітрил–толуен 9 : 1 та $(5,7 - 7,0) \times 10^{-20}$ Дж для гідрозолів фулерену. В той же час, у випадку відбору систем з найбільш надійними результатами, значення A_{FF} склали $(16,0 - 16,6) \times 10^{-20}$ Дж.

Аналіз отриманих результатів показав, що у основних розчинниках спостерігається наявність додаткового стабілізуючого фактору, що не врахований класичною ДЛФО. Вірогідно, що таким фактором є структурний фактор, пов'язаний з сильною сольватацією поверхні наночастинок. Це добре узгоджується з уявленнями про взаємодію фулеренів (що є кислотами за Льюїсом) з електронодонорними розчинниками, що добре узгоджується з показаною легкістю отримання дисперсій фулерену у ДМСО, ДМФА та їм подібних

розчинниках. Це також підтверджується великими значеннями ПШК золів фулеренів у воді, ДМСО та сумішах, що їх містять.

Таким чином, було виявлено ключові особливості формування агрегатів фулерену C_{70} та їх поведінки в розчинниках різної природи: в воді, метанолі, ацетонітрилі, ДМСО та ДМФА, а також у деяких бінарних та тернарних рідких системах, включаючи коагуляцію органо-, гідро- та органогідрозолів під дією електролітів.

Показано, що на коагулятивну стійкість мають вагомий вплив наступні фактори:

- Особливості катіонів. Заряд, розмір та можливість делокалізації заряду суттєво впливають на сольватацію і, як наслідок, адсорбцію катіонів на поверхню. Особливу роль відіграють протони, взаємодія яких з поверхнею агрегатів нагадує кислотно-основну взаємодію.
- Сольватація поверхні наночастинок фулерену. У присутності основних розчинників поверхня агрегатів фулерену краще сольватована, що підвищує коагулятивну стійкість золів.

Практичне використання одержаних результатів:

1) Одержані відомості про електрокінетичні потенціали (в тому числі можливість перезарядження колоїдних агрегатів) можуть бути використані для прогнозування транспортних властивостей та поведінки фулеренів у електрохімічних процесах.

2) Запропоновано метод отримання золів у ДМСО та сумішах ДМСО–вода, які є досить стабільними та нетоксичними, що потенційно може бути використано у медицині.

3) Підхід до оцінювання констант Гамакера, розроблений на прикладі фулеренів, дозволить покращити розуміння та прогнозування стабільності золів інших нановуглецевих структур (вуглецеві нанотрубки, графен, наноалмази).

Ключові слова: фулерени, неводні розчини, агрегація, фазові переходи, нанорозмірні частинки, золі, електрокінетичний потенціал, коагуляція, теорія ДЛФО, константа Гамакера, адсорбція, сольватація поверхні, фізична оптика.

ABSTRACT

Marfunin M. O. Formation of C₇₀ fullerene aggregates and coagulation by electrolytes in solvents of various nature. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of candidate of sciences (doctor of philosophy) in specialty 102 "Chemistry" (10 - Natural sciences). - V. N. Karazin Kharkiv National University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2024.

Recently, fullerenes have become one of the most popular chemical compounds. They are used both in the nanotechnologies (microelectronics, optics, fuel cells, etc.), and in biochemistry and biomedicine. As a rule, their use is connected with the application in a form of solutions (true solutions or those containing fullerene clusters). Therefore, many publications are devoted to the study of dissolved forms of fullerenes, and the number of such works increases constantly.

Aqueous colloidal dispersions of fullerenes are well studied. For such solutions, the formation under different conditions, the dispersions stability in relation to various factors, as well as their toxicity, impact on the environment or individual organisms, etc., were investigated. But at the same time, the results of various research groups are sometimes quite contradictory. The existing estimate of the Hamaker constant for the fullerene–fullerene interaction, A_{FF} , cannot be considered final.

Most of the available studies of fullerenes in non-aqueous media relate to the determination of some physicochemical parameters (for example, solubility) and aggregation (clusters structure, presence of fractal structure, size of aggregates, aggregations reversibility or process kinetics). Coagulation of fullerenes by electrolytes in a non-aqueous environment, in contrast to hydrosols and aqueous suspensions, is

extremely poorly researched, and only a relatively small number of scientists works on this topic.

Therefore, **the aim of the dissertation** was to identify the peculiarities of the C₇₀ fullerene aggregates formation and coagulation by electrolytes in solvents of various nature.

The peculiarities of C₇₀ fullerene aggregation and coagulation by electrolytes of different types in solvents of different nature (with a wide range of relative dielectric constant, ϵ_r , the ability to act as a hydrogen bond donor, acidity and basicity, etc.), as well as in their mixtures, were investigated. The results analysis was carried out using the classical and modified DLVO theory.

Also, the C₆₀ fullerene was studied in several systems, both for comparison with C₇₀ and to reveal the general properties of fullerenes.

Fullerene C₇₀ was studied in the following solvents and their mixtures: *n*-hexane, DMSO, DMF, water, methanol–toluene, *n*-hexane–methanol, acetonitrile–toluene, DMSO–benzene, DMSO–water, acetonitrile–benzene–DMSO and DMF–water.

The following methods and approaches were used to conduct the experiment and process the results:

- 1) Spectrophotometry (spectroscopy in the UV and visible region): to study the fullerene state changes during solvation, aggregation and coagulation.
- 2) Dynamic light scattering (DLS): to obtain data on dimensions, surface electrokinetic potentials, as well as the dynamics of their changes under various conditions.
- 3) Modeling Hamaker diagrams according to the DLVO theory: to determine the Hamaker constants, A_{FF} .

The novelty of the obtained results:

1) The phenomenon of selective solvation of C_{70} fullerene molecules (including fullerene molecules in its aggregates) by aromatic and basic components of mixed solvents.

2) A new method for obtaining stable dispersions of fullerenes in "poor" basic solvents DMSO and DMF, as well as hybrid organohydrosols, is proposed. Peculiarities of the stability of such dispersions over time and in presence of electrolytes were investigated.

3) For the first time, aggregative stability and C_{70} fullerene aggregates coagulation by electrolytes in organic solvents were investigated. While the thresholds of fast coagulation in acetonitrile and methanol are three orders of magnitude lower than in water, in DMSO the stability of fullerene dispersions is observed at the level of hydrosols.

4) A new approach to determining the Hamaker constants for fullerenes was developed, which made it possible to assert the presence of an additional stabilizing factor in the case of hydrosols and to obtain more accurate A_{FF} values.

Investigation of light absorption bands position in a mixture of *n*-hexane and benzene showed that the surface of fullerene molecules is selectively solvated by the aromatic compound of the solvent mixture. It was also confirmed that sols obtaining by the solvent exchange methods (from the original solutions in nonpolar aromatic liquids) leads to aggregation with saving the solvent interlayer (with partial preservation of the original solvate shell). The effect was additionally confirmed by observing the change in the spectral properties of fullerenes during the aggregation process.

As a result, the threshold value of the composition of binary solvents (solvent composition at which aggregation begins) which is determined using absorption spectra, may not be the same value as that obtained from DLS measurements.

It is also shown that the features of the molecular fullerene spectrum are preserved even in the case of dissolution of fullerenes in DMSO or DMF with the formation of stable dispersions, which also indicates the solvate shells retention of individual fullerene

molecules in the aggregate. The electronic absorption spectrum gradually loses its typical for molecular fullerene shape, which indicates the removal of solvent molecules from the solvate shells over time.

Thus, the affinity of fullerenes to both nonpolar aromatic and basic solvents was confirmed. It is shown that the aggregation beginning conditions depend of the solvent polarity with respect to specific interactions of fullerene, i.e., aggregation cannot be predicted only by general polarity parameters such as ϵ_r .

Both in organic solvents and in water, colloidal aggregates of fullerenes have a negative charge.

Studies of C₇₀ organosols in acetonitrile–benzene and acetonitrile–toluene (with small contents of the aromatic component) mixtures show that both the charge and the character of its localization have a significant influence on the coagulative action of the cation. For example, the values of critical coagulation concentration (CCC) by salts containing cations Li⁺, Na⁺, Ag⁺, tetrabutylammonium ((*n*-Bu)₄N⁺), Ca²⁺, La³⁺ are 0.02, 0.25, 0.54, 0.64, 0.001 and 0.0007 mM (1 mM = 0.001 mol dm⁻³), respectively, in the acetonitrile–toluene mixture (9 : 1).

At coagulation by Li⁺ and Na⁺ cations, which are completely bound into a complex with the present cryptand [2.2.2] (charge density is reduced, cations are better solvated and, as a result, adsorption process on colloidal aggregates is reduced), the CCC value are to be determined as 1.5 and 5.1 mM, respectively. A similar result is observed for the tetraphenylphosphonium cation, Ph₄P⁺, (CCC are 1–4 mM). In such case no surface recharging is observed. The low CCC value at coagulation by *p*-toluenesulfonic acid (0.015 mM) indicates the basic nature of the centers of negative charge on the C₇₀ aggregate surface. In the methanol–aromatic compound mixture (9 : 1), the effects caused by weak cations solvation are somewhat less significant, but the CCC values generally remain at the same level and are three orders of magnitude lower than for hydrosols. For example, in methanol, the CCC for lithium and sodium salts has equal values 0.13 mM. For fullerene C₆₀ results are similar.

It was found that in the cationophobic solvent acetonitrile–toluene, the behavior of the Li^+ cation is more similar to the typical behavior of doubly charged cations (CCC value is closer to the CCC value for Ca^{2+} salts), the phenomenon of the surface overcharging is observed with a change in the surface electrokinetic potential from $\zeta = -50$ to $+40$ mV, which is generally untypical for singly charged cations and is also not possible in fullerene hydrosols.

Also, at coagulation by calcium perchlorate, it is possible to determine a second CCC ($\text{CCC}_2 = 1.2$ mM, for positively charged colloidal fullerene particles). Interaction with *p*-toluenesulfonic acid also leads to overcharging of the aggregates surface.

For Li^+ and Na^+ salts (without a presence of cryptand), the phenomenon of hetero- or mutual coagulation is probably observed, which is caused by the unequal specific adsorption of such cations on the fullerenes nanoparticles surface. The non-equivalence of adsorption leads to the existence of nanoparticles with significantly different electrokinetic potentials values.

At the same time, salts containing the cations with a delocalized charge ($(n\text{-Bu})_4\text{N}^+$, Ph_4P^+ or Li^+ and Na^+ at the presence of cryptand) show significantly higher CCC values, which cannot be explained only by the difference in their sizes. This is an additional confirmation of specific interactions between cations and the fullerene clusters surface.

The CCC values of C_{70} fullerene for coagulation by Ca^{2+} and La^{3+} salts are quite close, which does not correspond to the Schulze–Hardy rule. This phenomenon can be explained by the stoichiometric interaction between cations and negative charges on the surface, which is possible due to the generally low charge density of the fullerene surface. Thus, the calculated area per unit charge on the surface was: 16 nm^2 in hydrosols, $100\text{--}500 \text{ nm}^2$ in acetonitrile–toluene (9 : 1) mixtures, $400\text{--}700 \text{ nm}^2$ in DMSO, about 1600 nm^2 in a mixture of methanol–toluene (9 : 1).

The cation solvation effect on the specific interactions possibility is also confirmed by studying coagulation in basic solvents (DMSO, DMF), where the difference between the CCC for singly charged cations is less or completely absent.

Typical CCC values for the C₇₀ sol coagulation by Na⁺ ions different solvents, in mM:

CH ₃ CN	CH ₃ OH	DMSO–CH ₃ CN (3 : 2)	DMSO	DMSO–H ₂ O (1 : 4)	H ₂ O
0.25	0.13	32	> 180	175	251

To analyze the obtained results by DLVO approach, a selection of results was carried out in order to identify the most reliable results (with a minimal contribution of factors that cannot be taken into account by the classical DLVO theory).

In general, the use of the DLVO approach makes it possible to estimate the value of the fullerene–fullerene interaction constants (Hamaker constants), based on the CCC values and ζ under the coagulation conditions in acetonitrile and methanol with 10% toluene. The obtained values have a wide confidence interval and agree with the values obtained by other authors. The values of Hamaker's constant were: $(5.8 - 20.2) \times 10^{-20}$ J in the acetonitrile–toluene mixture 9 : 1 and $(5.7 - 7.0) \times 10^{-20}$ J for fullerene hydrosols. At the same time, for selected systems with the most reliable results, the A_{FF} values are in the range $(16.0 - 16.6) \times 10^{-20}$ J.

Obtained results confirmed the presence of an additional stabilizing factor, which is not taken into account by the classic DLVO. It is likely that such a factor is a structural factor associated with strong solvation of the nanoparticle surface. This is in good agreement with the ideas about the interaction between fullerenes (which are Lewis acids) and electron-donating solvents. It is also in agreement with the demonstrated ease of obtaining fullerene dispersions in DMSO, DMF, and similar solvents. The effect is also confirmed by the large CCC values for fullerene sols in water, DMSO and mixtures containing them.

Thus, the key features of the formation of C₇₀ fullerene aggregates and their behavior in solvents of different nature were revealed: in water, methanol, acetonitrile, DMSO, and DMF, as well as in some binary and ternary liquid systems, including coagulation of organo-, hydro-, and organohydrosols by electrolytes.

It has been shown that the following factors have a significant influence on colloidal stability:

- Properties of the cations. Charge, size, and the possibility of charge delocalization significantly affect cation solvation and, as a result, their adsorption on the nanoparticles surface. A special case is proton, whose interaction with the aggregates surface seems to be similar with acid-base interaction.
- Solvation of the fullerene nanoparticles surface. In the presence of basic solvents, the surface of fullerene aggregates is better solvated, which increases the coagulative stability of sols.

Practical use of the obtained results:

1) The obtained information on electrokinetic potentials (including the possibility of overcharging colloidal aggregates) can be used to predict the transport properties and behavior of fullerenes in electrochemical processes.

2) An easy obtaining method of stable and non-toxic fullerenes dispersions in DMSO and DMSO–water mixtures is proposed. This method potentially can be used in medicine.

3) The approach to the estimation of Hamaker constants, developed on the example of fullerenes, will allow improving the understanding and prediction of sol stability for other nanocarbon structures (carbon nanotubes, graphene, nanodiamonds).

Key words: fullerenes, non-aqueous solutions, aggregation, phase transition, nanosized particles, sols, electrokinetic potential, coagulation, DLVO theory, Hamaker's constant, adsorption, surface solvation, physical optics.