

**NEWS**

**OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES**

ISSN 1991-346X

Volume 6, Number 310 (2016), 74 – 79

UDC 537.523/.527

**S.A. Orazbayev, D.B. Omirbekov, M.K. Dosbolayev, M.T. Gabdullin, T.S. Ramazanov**

NNLOT, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Al-Farabi avenue, 71  
e-mail: [sagi.orazbayev@gmail.com](mailto:sagi.orazbayev@gmail.com)

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF LUMINOUS EFFICIENCY  
OF DUSTY PLASMA LAMP**

**Abstract.** In this work experimental results of the influence of the synthesized carbon nanoparticles in the argon/methane gas discharge on the intensity of the plasma glow are presented. A spectral analysis of plasma was conducted. Study of surface and chemical composition of the obtained particles was carried out using the scanning electron microscope Quanta 3D 200i (SEM, USA FEI company). Also dependencies of plasma glow intensity from discharge parameters (power of discharge and gas pressure) and gas composition were obtained. It was experimentally determined that the intensity of the plasma glow slowly increases at concentration of methane in the gas and the gas pressure. Also the glow intensity quickly rises with increasing discharge power. The obtained data provides an opportunity to develop a technology of a discharge lamp with a high intensity glow.

**Keywords:** dusty plasma, nanoparticles, gas discharges.

ӘОЖ 537.523/.527

**С.А. Оразбаев, Д.Б. Өмірбеков, М.Қ. Досболаев, М.Т. Габдуллин, Т.С. Рамазанов**

АТҰНЗ, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, әл-Фараби даңғылы, 71

**СЫНАҚТА ТОЗАҢДЫ-ПЛАЗМАЛЫ ШАМНЫҢ  
ЖАРЫҚ БЕРУ ҚАСИЕТІН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Бұл жұмыста газдық разрядтағы аргон/метан плазмасының жарық интенсивтілігіне, сол ортада синтезделетін көміртегі нанобөлшектердің әсерінің эксперименттік нәтижелері көрсетілген. Ол үшін плазмаға спектрлік талдау жүргізілді. Жұмыста газдық фазадан нанобөлшектер синтездейтін плазма-химиялық әдіс қолданылды. Плазмадан шыққан бөлшектердің өлшемі мен химиялық құрамы электронды сканерлеуші микроскоп Quanta 3D 200i (SEM, USA FEI company) көмегімен анықталды. Сонымен қатар, плазманың жану интенсивтілігінің разряд параметрлеріне (разряд қуаты, газ қысымы) және плазма құраушы газдар қоспасының үлесіне тәуелділігімен уақыт бойынша өзгерісі алынды. Плазмада метан газының үлесін арттырғанда және газ қысымын арттырғанда плазманың жарық интенсивтілігінің өзгерісі баяулайтындығы, ал разряд қуатын арттырғанда плазманың жарық интенсивтілігінің өзгерісі артатындығы экспериментті түрде анықталды. Алынған ғылыми мәліметтер жарық интенсивтілігі жоғары газразрядтық шамды жасаудың жаңа технологиясын жасақтауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** тозаңды плазма, нанобөлшектер, газдық разряд.

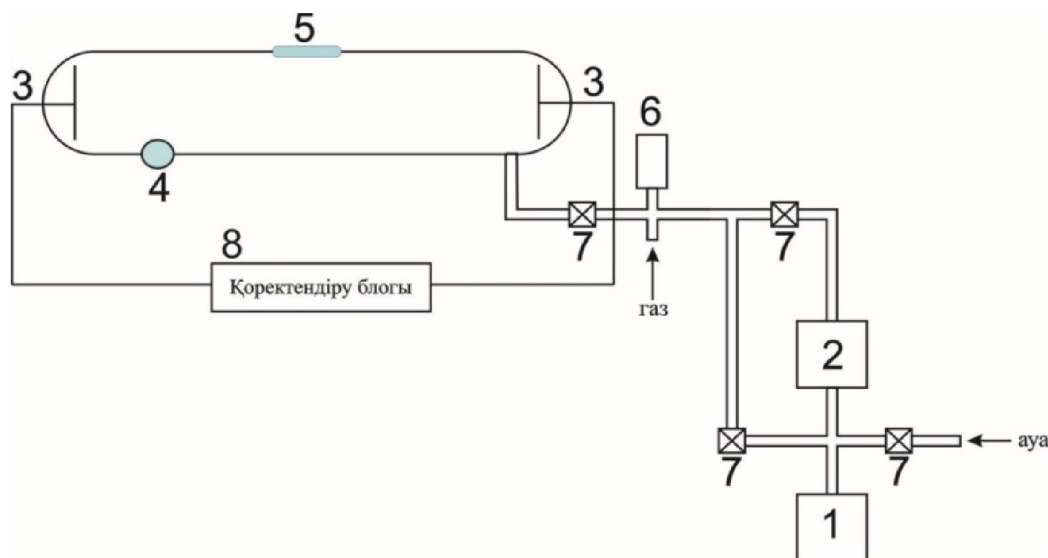
**Кіріспе**

Қазіргі кезде көптеген ғылыми-зерттеу орталықтарында нанобөлшектер алудың әдістері және оларды практикада қолдану жолдары қарқынды зерттелуде. Олардың бірі нанобөлшектерді плазмалы-химиялық әдіспен синтездеу [1-4]. Бұл әдістің негізінде көптеген технологиялық қолданбалы саланың негізі қаланды, мысалы, физикалық және биологиялық объектілерді (алмаз және метал жабындар,

қанды тазалау, стерилизатор және т.б.) өңдеу, вакуумда тозаңдандыру (жұқа қабықшалар қондыру), наноматериалдар мен композиттер синтезі (наноұнтақтар, графен, нанотүтікше, фуллерен). Солардың бірі – энергетика саласы, яғни энергияны үнемдеу және электрлік шамдардың жарық интенсивтілігін арттыру және т.б. мәселелер маңызды болып табылады. Соңғы ғылыми зерттеулердің нәтижесінде плазма көлеміндегі нанобөлшектердің оның жарық интенсивтілігіне әсер ететіндігі анықталды [5-8]. Газдық разрядта аргон/метан газдары қоспасының плазмасы жанғанда белгілі – бір уақыттан кейін көміртегі бөлшектерінің синтезделетіні белгілі [9-11]. Разрядтағы нанобөлшектердің синтезі газ түріне, қысымына, разряд қуатына және жану уақытына тәуелді. Плазмада нанобөлшектердің пайда болғандығын плазманың жану интенсивтілігі және плазманың спектрінің өзгерісінен байқауға болады. Нанобөлшектері бар плазманың интенсивтілігі буферлі плазманың интенсивтілігімен салыстырғанда жоғары болыңдығы эксперименттік жұмыстар барысында анықталды [12-14]. Плазмада пайда болған нанобөлшектердің жарық интенсивтілігіне әсері плазмалық ортаның оптикалық қасиеттерін эксперименттік зерттеу негізінде анықталды. Бұл тәжірибелік жұмыста газдық фазадан нанобөлшектерді синтездеу әдісі қолданылған [15-17].

### Тәжірибелік қондырғы

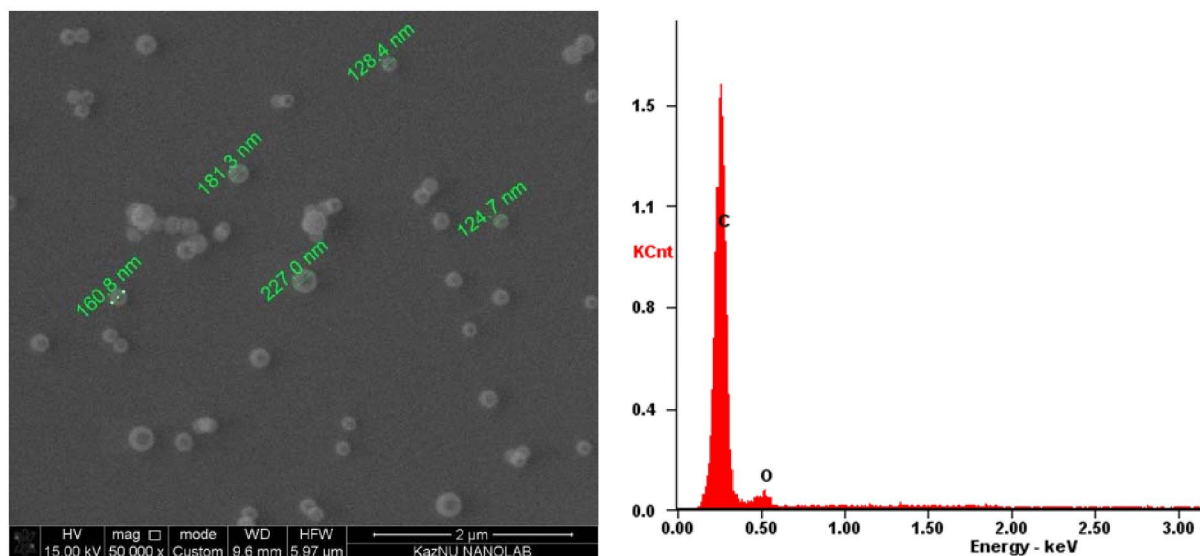
Тозаңды-плазмалы шамның жарық беру қасиеті 1-суретте көрсетілген тәжірибелік қондырғыда зерттелді. Бұл тәжірибелік қондырғы негізгі үш бөліктен тұрады: вакуумдық жүйе, қоректендіру блогы және газ разрядты түтікше. Вакуумдық жүйені форвакуумдық (1) және диффузиондық (2) сорғылар, сонымен қатар вакуумдық датчик (6) және клапандар (7) құрайды. Қоректендіру блогы (8) арқылы электродтарға (3) жиілігі 20 кГц кернеу беріледі. Негізгі плазмалық процесстер шыныдан жасалған газдық разрядты түтікшеде жүреді, онда әртүрлі диагностика жасауға арналған саңылау (4) және оптикалық диагностикаға арналған кварц терезе (5) орнатылған. Түтікшенің диаметрі 33 мм, ұзындығы 533 мм, яғни тұрмыста қолданылатын газразрядты шамның зертханалық үлгісі жасалған. Онда газ қысымын 0,1-1 торр аралағында, ал разряд қуатын 5-30 Вт аралығында өзгертуге болады. Плазмада нанобөлшектерді алу үшін жұмыс газы ретінде аргон/метан газдарының қоспасы қолданылды.



1 сурет – Тәжірибелік қондырғының принципиалдық сұлбасы

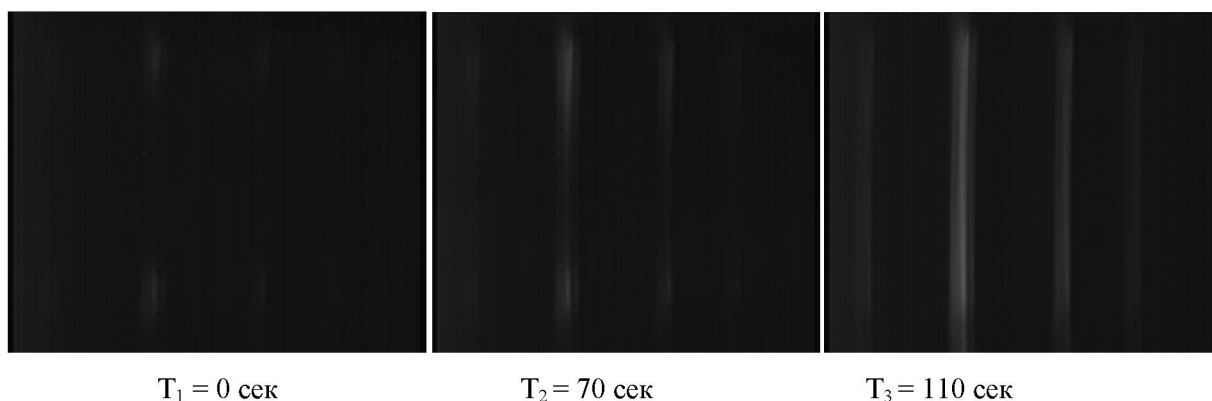
### Алынған нәтижелер

Плазмалық ортада синтезделген нанобөлшектердің СЭМ бейнесімен олардың химиялық құрамы 2-суретте көрсетілген. Осы нанобөлшектердің өсуі барысында газдық разряд плазмасының жарық интенсивтілігі өзгертіндігі экспериментте зерттелді.



2 сурет – Синтезделген көміртек нанобөлшектері және олардың химиялық құрамы.  
( $P=30$  Вт және  $p=0,6$  торр)

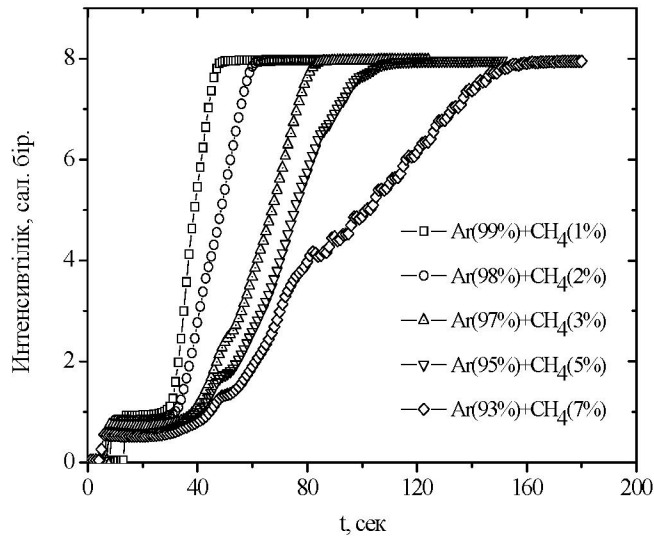
3-суреттенанобөлшектері бар разряд плазмасының спектрі көрсетілген. Суреттен көріп отырғанымыздай, белгілі бір уақыттан кейін разрядтың жарықтылығы артады, ол – плазмада нанобөлшектердің концентрациясы артқандығын білдіреді.



3 сурет – Нанобөлшектері бар газдық разряд плазмасының спектрі. ( $p = 0,5$  Тор,  $W = 15$  Вт)

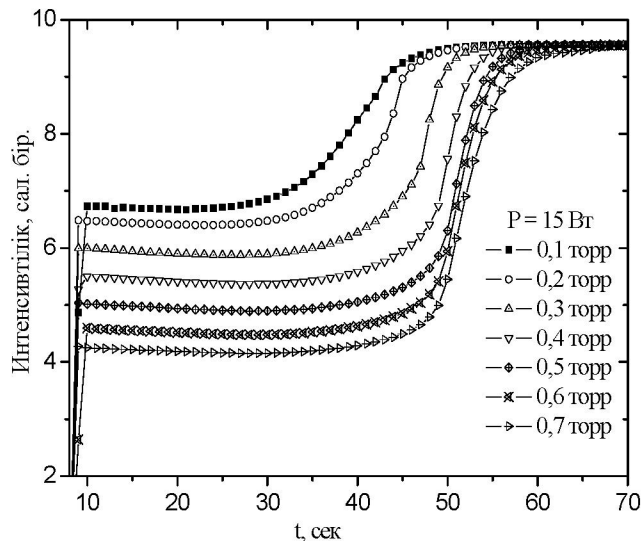
Бұл суретте  $t=0$  секунд уақытта плазманың интенсивтілігі төмен, яғни нанобөлшектер плазмада пайда болмаған. Ал  $t=70$  секунд уақытта плазмада нанобөлшектер пайда бола бастайды, сәйкесінше, плазма интенсивтілігі де артады.  $t=110$  секунд уақытта нанобөлшектердің концентрациясы салыстырмалы түрде көп болғандықтан, интенсивтілігі де жоғары болады.

$Ag+CH_4$  қоспасындағы метан газының үлесінен бөлшектердің құрылымы да тәуелді екені, яғни қоспада 1%-10% метан болса, нанобөлшектер пайда болатыны, егер қоспада 10%-15% метан болса, онда нанокластерлер, ал 15%-дан көп болса, онда наноқабықшалар пайда болатыны зерттелді [18-20]. Ал, 6-суретте плазманы түзуші аргон (99%-93%) және метан (1%-7%) қоспасындағы газдардың әртүрлі үлесінде тәуелді плазманың жану интенсивтілігінің уақыт бойынша графигі көрсетілген. Графиктен көріп отырғанымыздай, метан газының үлесі артқан сайын плазмада нанобөлшектер салыстырмалы түрде ұзақ уақыттан кейін пайда болады, яғни плазманың жану интенсивтілігі де бірнеше уақыттан кейін қанығуға жетеді.



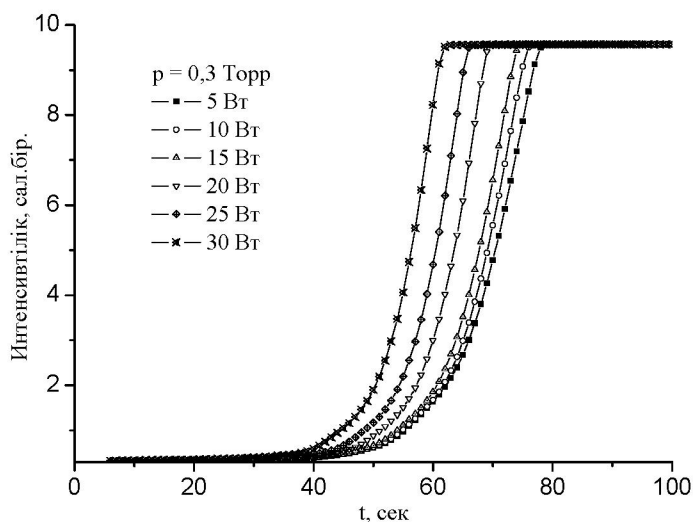
6-сурет – Тозанды-плазмалы шамның жарық интенсивтілігінің Ar/CH<sub>4</sub> газдарының үлесіне тәуелділігі

7-суретте уақыт бойынша плазманың жарық интенсивтілігінің газ қысымына тәуелділік графигі көрсетілген. Көріп отырғанымыздай, газ қысымы артқан сайын плазманың жарық интенсивтілігінің өзгерісі баяулайды. Себебі газ қысымын жоғарылатқан сайын плазмадағы нейтрал атомдардың концентрациясы артатындықтан, олардың иондалуы үшін жеткілікті уақытты қажет етеді. Сондықтан бөлшектердің пайда болу уақыты тежеледі. Сәйкесінше, плазманың жарық интенсивтілігі баяу артады.



7-сурет – Тозанды-плазмалы шамның жарық интенсивтілігінің газ қысымына тәуелділігі

8-суретте уақыт бойынша тозанды-плазмалы шамның жарық интенсивтілігінің разряд қуатына тәуелділік графигі көрсетілген.



8-сурет – Тозанды-плазмалы шамның жарық интенсивтілігінің разряд қуатына тәуелделігі

Суретте көрсетілгендей, разряд қуатының артуына байланысты плазмадағы электрондардың энергиясы артып, газдың иондалу жылдамдығы артады. Осыған байланысты иондар мен радикалдардың концентрациясы артады және иондардың бөлшек бетіне қонуы жоғарылайды. Бұл эффект бөлшектердің тез өсуіне алып келеді. Сәйкесінше, разряд қуаты артқан сайын плазманың жарық интенсивтілігі де тез артады.

Осы ғылыми мәліметтер жарық интенсивтілігі жоғары газ разрядтық шамды жасаудың жаңа технологиясын жасақтауға мүмкіндік береді.

#### REFERENCES

- [1] Orazbayev S.A., Gabdullin M.T., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Slamiya M. The method for synthesis nanoparticles from gas phase// Book of Abstracts of the 8th International conference on Plasma Physics and Plasma Technology (PPPT). - Minsk, Belarus, 2015. – P. 490
- [2] Orazbayev S.A., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T., Dosbolayev M.K., Slamiya M., Obtaining nanoparticles carbon plasma from a gas phase chemical method// Bulletin of the KazNTU, series of chemical and metallurgical science.. – 2015. - № 4. – P. 504-508. (In Kazakh)
- [3] Slamiya M., Orazbayev S.A., Zhumagulov M.N., Kabyllak M., Zhumabekov A.N., Dosbolayev M.K., Ramazanov T.S., Study of the effect of dust on the plasma concentration of the luminescence intensity in the RF discharge // Bulletin of the KazNU, physical series. – 2012. №40.- P. 24. (In Kazakh)
- [4] Orazbayev S.A., Ramazanov T.S., Gabdullin M.T., Dosbolayev M.K. Obtaining of nano- and microparticles in plasma by CVD method// Program and Book of Abstracts of the 32nd International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG). - Iași, Romania, 2015. – P. P3.17
- [5] Ramazanov T.S., Jumabekov A.N., Orazbayev S.A., Dosbolayev M.K., and Jumagulov M.N., Optical and kinetic properties of the dusty plasma in radiofrequency discharge // Phys. Plasmas 19, 023706 (2012); doi: 10.1063/1.3690103
- [6] Orazbayev S.A., Dosbolayev M.K., Ramazanov T.S., Silamiya M., Optical properties of the plasma gas mixtures in radio frequency discharge // Proceedings of the 8th International Scientific Conference "Modern achievements of physics and fundamental physical education". - Almaty, Kazakhstan, 2013. - P.119. (In Kazakh)
- [7] Mussayeva M.N., Orazbayev S.A. Optical properties of the plasma gas mixtures in radio frequency discharge// Book of Abstracts of the International conference of students and young scientists "World of Science". - Almaty, Kazakhstan, 2012. - P.260. (In Russian)
- [8] Orazbayev S.A., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Nurbolat K. Spectroscopic diagnostics of Ar/CH4 and Ar/C2H2 gas mixtures plasma// Book of Abstracts of the 15th International Conference on the Physics of Non-Ideal Plasmas, Almaty, Kazakhstan. –2015. –С. 121.
- [9] Fridman A. A., Boufendi L., Hbid T., Potapkin B. V., Bouchoule A., Dusty plasma formation: Physics and critical phenomena. Theoretical approach // J. Appl. Phys. -1996. – Vol. 79, №3.-P.1303.
- [10] Bouchoule A. and Boufendi L. Particulate formation and dusty plasma behaviour in argon-silane RF discharge // Plasma sources Sci. Technol. – 1993. – Vol. 2. - P. 204.
- [11] Wattieaux G., Mezeghrane A., Boufendi L. Electrical time resolved metrology of dust particles growing in low pressure cold plasmas// Physics of Plasmas.-2011.-Vol. 18.-P.093701.

- [12] Orazbayev S.A., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Silamiya M., Optical diagnostics of plasma in a gaseous mixture of RF discharge//Abstract Booklet of the XXII Europhysics Conference on Atomic and Molecular Physics of Ionized Gases (ESCAMPIG). - Greifswald, Germany, 2014. – P.P1-05-12.
- [13] Orazbayev S.A., Dosbolayev M.K., Silamiya M., Jumagulov M.N., Ramazanov T.S. Optical properties of the dusty plasma in RF discharge//16<sup>th</sup>Book of abstracts of the International Congresses on Plasma Physics and 39<sup>th</sup>European Physical Society Conference on Plasma Physics (EPS/ICPP). - Stockholm, Sweden, 2012. –P.2.130.
- [14] Orazbayev S.A., Ramazanov T.S., Dosbolayev M.K., Silamiya M., Jumagulov M.N. Spectroscopic diagnostics of plasma gas mixtures in radio frequency discharge // Book of abstracts of the 14th International Conference on the Physics of Non-Ideal Plasmas. - Rostock, Germany, 2012. – P.152.
- [15] Cavarroc M., Jouamy M. Ch., Radouane K., Mikikian M., Boufendi L. Self-excited instabilities occurring during the nanoparticle formation in an Ar–SiH<sub>4</sub> low pressure radiofrequency plasma // J. Appl. Phys. - 2006.-Vol.99.-P.064301
- [16] Cavarroc M., Mikikian M., Perrier G., Boufendi L. Single-crystal silicon nanoparticles: An instability to check their synthesis // Applied Physics Letters – 2006. - Vol. 89. - P. 013107.
- [17] Gabdullin M.T., Orazbayev S.A., Slamiya M., Batryshev D.G., Dosbolaev M.K., Ramazanov T.S., Investigation of the process of synthesis of carbon nano and microparticles in RF plasma discharge // Abstracts of the III International Scientific Conference "Modern problems of condensed matter physics, nanotechnology and nanomaterials». – Almaty, Kazakhstan, 2014. – P. 121. (In Russian)
- [18] Gabdullin M.T., Ramazanov T.S., Orazbayev S.A., Dosbolayev M.K., Batryshev D.G., Silamiya M. Ion – beam deposition of carbon nanofilms on silicon substrate// Advanced Science Letters. -2013. - Vol. 19, № 3. - P.960-962
- [19] Orazbayev S.A., Silamiya M., Batryshev D.G., Dosbolayev M.K., Gabdullin M.T., Ramazanov T.S. Obtaining of carbon nanofilms in a plasma of RF discharge // Book of Abstracts of the XXXI the International Conference on Phenomena in Ionized Gases (ICPIG). - Granada, Spain, 2013.-P.13.
- [20] Gabdullin M.T., Slamiya M., Orazbayev S.A., Batryshev D.G., Dosbolayev M.K., Obtaining carbon nanofilms in RF discharge plasma // Proceedings of the 10th International Scientific Conference "Advanced technologies, equipment and analytical systems for materials and nanomaterials". - Almaty, Kazakhstan, 2013.–P. 223. (In Russian)

**С.А. Оразбаев, Д.Б. Омирбеков, М.К. Досболаев, М.Т. Габдуллин, Т.С. Рамазанов**

ННЛЮТ, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, пр. аль-Фараби, 71

#### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВА СВЕТООТДАЧИ ПЛАЗМЕННО-ПЫЛЕВОЙ ЛАМПЫ**

**Аннотация.** В данной работе представлены экспериментальные результаты влияния синтезированных углеродных наночастиц в газовом разряде аргон/метан на интенсивность свечения плазмы. Для этого проведен спектральный анализ излучения плазмы. В работе был использован плазмохимический метод синтеза наночастиц из газовой фазы. Исследования поверхности и химического состава полученных наночастиц проводились с помощью сканирующего электронного микроскопа Quanta 3D 200i (SEM, USA FEI company). Также были получены зависимости интенсивности свечения плазмы от параметров разряда (мощность разряда и давление газа) и от состава газа. Было экспериментально определено, что интенсивность свечения плазмы медленно возрастает при повышении концентрации метана в газе и давления газа, и быстро возрастает при повышении мощности разряда. Полученные данные дают возможность разработать технологию газоразрядной лампы с высокой интенсивностью свечения.

**Ключевые слова:** наночастицы, пылевая плазма, газовые разряды.