

II-кезеңде 2007-2010 жылдары негізгі көміртекті материалдарды қолдана бұл нанобөлшекті нүктелердің алыну жолдары қарастырылды. Осы жылдар аралығында көміртекті нүктелердің оптикалық және электрохимиялық қасиеттері тәжірбиедегі параметрлердің өзгеруімен сәйкесінше өзгерітіні дәлелденіп, ғалымдардың көміртекті нүктенің құрылымына, қолдану аясына қызығушылығы арта түсті.

III-кезеңде шамамен 2011 жылдан бастап көміртекті кванттық нүктелер туралы мақалалар күрт ұлғая бастады. Оның негізінде көміртекті нүктенің қасиеттері зерттеліп, әртүрлі қолдану салалары қарастырылды. Мысалға: сенсор қосымшалары, энергия сақтау құралдары, биосурет, катализ және т.б. [12].

Әдебиеттер тізімі:

- [1] Sajid M. (2022) Nanomaterials: types, properties, recent advances, and toxicity concerns. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 25:100319 doi:10.1016/j.coesh.2021.100319.
- [2] Kroto H.W., Heath J.R., O'Brien S.C., Curl R.F., Smalley R.E. (1985) C₆₀: Buckminsterfullerene. *Nature*, 318(6042):162–163 doi:10.1038/318162a0.
- [3] Wang Y., Hu A. (2014) Carbon quantum dots: synthesis, properties and applications. *Journal of Materials Chemistry C*, 34:6921-6939 doi:10.1039/C4TC00988F.
- [4] Iijima S. (1991) Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature* 354:56–58 doi:10.1038/354056a0.
- [5] Novoselov K., Andre G., Morozov S., Jiang D., Zhang Y., Dubonos S., Grigorieva I., Firsov A. (2004) Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*, 306(5696):666–669 doi:10.1126/science.1102896.
- [6] Alviso C.T., Pekala R.W., Gross J., Lu X., Caps R., Fricke J. (1996) Resorcinol-Formaldehyde and Carbon Aerogel Microspheres. *MRS Proceedings*, 431:521-525. doi:10.1557/proc-431-521.
- [7] Bryning M.B., Milkie D.E., Islam M.F., Hough L.A., Kikkawa J.M., Yodh A.G. (2007) Carbon nanotube aerogels. *Advanced Materials*, 19(5):661–664 doi:10.1002/adma.200601748.
- [8] Wang J., Ellsworth M. (2009) Graphene aerogels. *ECS Transactions*, 19(5):241-247. doi:10.1149/1.3119548.
- [9] Yoo H.J., Kwak B.E., Kim D.H. (2020) Interparticle distance as a key factor for controlling the dual-emission properties of carbon dots. *Physical Chemistry Chemical Physics* 22:20227-20237 doi:10.1039/d0cp02120b.
- [10] Xu X., Ray R., Gu Y., Ploehn, H.J., Gearheart L., Raker K., Scrivens, W.A. (2004) Electrophoretic Analysis and Purification of Fluorescent Single-Walled Carbon Nanotube Fragments. *Journal of the American Chemical Society*, 126(40):12736–12737, doi:10.1021/ja040082h .
- [11] Sun Y.-P., Zhou B., Lin Y., Wang W., Fernando K.A.S., Pathak P., Xie S.-Y. (2006) Quantum-Sized Carbon Dots for Bright and Colorful Photoluminescence. *Journal of the American Chemical Society*, 128(24):7756–7757. doi:10.1021/ja062677d .
- [12] Li S., Li L., Tu H., Zhang H., Silvester D.S., Banks C.E., Ji X. (2021) The development of carbon dots: From the perspective of materials chemistry, *Materials Today*, 51:188-207 doi.org/10.1016/j.mattod.2021.07.028.

