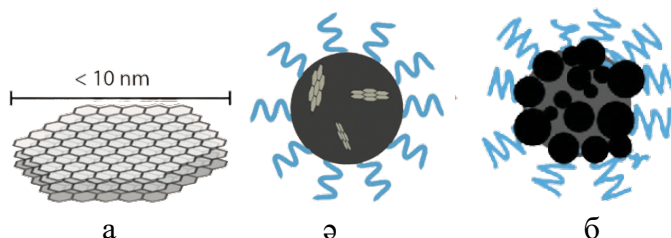


#### Дәріс 4. Көміртекті нүктелер, олардың түрлері: ГКН, ККН және КПН, қасиеттері, қолдану аясы

Көміртекті нүктелердің алуан түрлілігіне байланысты олардың нанокұрылымдарын дәл анықтау және жіктеу қиын болып табылады. Жүргізілген алдыңғы жұмыстарға [1, 2] сүйене отырып, бұл мақалада КН-ді көміртегі ядросына сәйкес үш түрге бөліп қарастырауға болады: графенді кванттық нүктелер (ГКН), көміртекті кванттық нүктелер (ККН) және карбонизделген полимерлі нүктелер (КПН) (Сурет 1).



Сурет 1 – Көміртекті нүктелер түрлері: а – ГКН; ә – ККН; б – КПН [3]

ГКН – нөл-өлшемді, 2-50 нанометр аралығында болатын, флюоресцентті қасиетімен танымал көміртекті наноматериалдар. ГКН «жоғарыдан төмен» және «төменнен жоғары» тәсілдерімен синтездеуге болады. «Жоғарыдан төмен» тәсілдеріне лазерлік абляция, доғалық разряд, электрохимиялық тотығу, химиялық тотығу және ультрадыбыстық өңдеу жатады. Яғни, осы әдістерде графен, көміртекті талшықтар, наноалмаздар, көміртекті күйелер сияқты көміртекті материалдарды ұсақтау арқылы жүзеге асырылады. «Төменнен жоғары» тәсіліне жататын әдістер: пиролизикалық, шаблонды, гидротермиялық (сольвотермиялық) және микротолқынды пеш технологиясымен алуға болады. Бұл тәсілдерде көмірсутектерді лимон-амин қышқылдарындағы (және т.б.) ароматты және химиялық қосылыстарды біріктіру арқылы ГКН алынады. Аталған әдістердің ішінде гидротермиялық әдіс жиі қолданылады. Себебі, әдіс - қолжетімді, экологиялық таза биомасса құрылымдарды қолданады және басқа әдістермен салыстырғанда өңдеуге оңай [4].

Көміртекті нүктелердің (ГКН, ККН және КПН) қасиеттері бастапқыда қолданылған көміртек көзіне және қолданылған синтетикалық әдіске байланысты болады. Мысалы, көміртекті нүктелердің абсорбция қасиетін қарастыратын болсақ, алынған материалдың сіңіру қасиеті қолданылған көміртек көзіне және әдіске тікелей байланысты. Дегенмен, олар әдетте ультракүлгін (УК) аймағында (200-400 нм) күшті сіңіруді көрсетеді.

Көміртекті нүктелердің іргелі және қолданбалы тұрғыдан ең басты қасиеттерінің бірі фотолюминесценция болып табылады. Көміртекті нүктелерді құрамында кадмий/қорғасын, сирек-жер наноматериалдары және органикалық бояғыштары бар кванттық нүктелер сияқты басқа флуоресцентті материалдармен салыстырғанда, олар өте жақсы жарық тұрақтылық, жоғары шығымға, төмен уыттылық, синтездеу үшін арзан және өте көп шикізаттардың қолданылуымен, сонымен қатар өте жоғары биоүйлесімділікпен ершеленеді. Бұл олардың әртүрлі салаларда, маңызды қолданбаларда қолданылуын қамтамасыз етеді.

Фотолюминесценция түскен жарық әсерінен дененің жарық шығаруы. Көміртекті нүктелердің фотолюминесценциясы сандық түрде кванттық шығымның мәнімен көрінеді, оған қолданылған көміртегі көздері, синтетикалық тәсілдер және пассивациядан кейінгі әсерлер қатты әсер етеді. Дегенмен, «жоғарыдан төменге» тәсілдер бойынша дайындалған көміртекті нүктелер әдетте «төменнен жоғарыға» маршруттармен салыстырғанда салыстырмалы түрде төмен кванттық шығымға ие. Сондықтан, ГКН кванттық шығымы әрқашан ККН және КПН-ге қарағанда төмен.

Көп жағдайда көміртекті нүктелер көк немесе жасыл түсті флуоресценция шығарады, бұл олардың биомедицинадағы әрі қарай қолданылуын шектейді, ал соңғы зерттеулер реакция жағдайларын немесе көміртек көздерін реттеу арқылы қызыл және NIR эмиссиялық көміртекті нүктелерді алуды сәтті көрсетті.

#### Әдебиеттер тізімі:

- [1] Shuo Li, Lin Li, Hanyu Tu, Hao Zhang, Debbie S. Silvester, Craig E. Banks (2021), «The development of carbon dots: From the perspective of materials chemistry».
- [2] Tao, S., Feng, T., Zheng, C., Zhu, S., & Yang, B. (2019). Carbonized Polymer Dots: A Brand New Perspective to Recognize Luminescent Carbon-Based Nanomaterials. *The Journal of Physical Chemistry Letters*. doi:10.1021/acs.jpcllett.9b01384.
- [3] Chung, S., Revia, R. A., & Zhang, M. (2019). Graphene Quantum Dots and Their Applications in Bioimaging, Biosensing, and Therapy. *Advanced Materials*, 33(22), 1904362. doi:10.1002/adma.201904362.
- [4] Gaurav A., Jain A., Tripathi S.K. (2022) Review on fluorescent carbon/graphene quantum dots: promising material for energy storage and next-generation light emitting diodes. *Materials*, 15(22):7888. <https://doi.org/10.3390/ma15227888>.