

3. J. Fleig, R. Merkle, and J. Maier, Phys Chem Chem Phys №9, 2007, p.271.
 4. Y. Choi, D.S. Mebane, M.C. Lin, and M. Liu, Chem. Mater., 19, 1690 (2007) ; Y. Choi, M.C. Lin, M. Liu Angewandte Chemie, Int. Edition, 2007, p.119.

ӘӨЖ 621.372.543.

ТРАНСФОРМАТОРЛЫҚ МАЙДА МАГНЕТИТ ПЕН МАГНИТТІК СҰЙЫҚТЫҚТАРДЫ АЛУ ӘДІСТЕМЕСІ

Жеңісова Е.А.

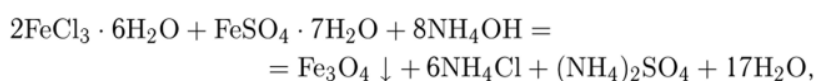
zhenisova.e@mail.ru

Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ «Наноматериалдар және нанотехнологиялар» мамандығының
2-курс магистранты, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Ғылыми жетекші - Сатаева Г.Е.

Бүгінгі күні магниттік сұйықтықтарды алудың ең көп таралған жолы-химиялық конденсация әдісі. Магнетиттің синтезі сәтті өту үшін реактивтердің пропорцияларын және олармен жұмыс істеу технологиясын нақты сақтау қажет. Оның негізгі технологиялық операцияларын баяндаймыз. Магниттік бөлшектер сыртқы магнит өрісінің әсерінен мақсатты түрлерді таңдап біріктіру және манипуляциялау немесе қажетті жерге тасымалдау үшін пайдаланылуы мүмкін. Оның көлеміне байланысты магниттік нанобөлшектер суперпарамагнитті болып табылады, олардың жалаңаш түрінде немесе беткі жабыны бар жабын арқылы әртүрлі қолдану салаларында үлкен әлеуеті бар және нақты қолдану үшін таңдалған функционалдық тобы. Осы жұмыста, сондай-ақ осы тұжырымдаманы иллюстрациялау үшін магнитті нанобөлшектерді қолданудың үш саласы қарастырылады, атап айтқанда: тығыздық бөлуге арналған магнитті сұйықтықтарда, терапевтік және диагностикалық тестілеуде, сондай-ақ ағынды суларды өндеуде және металл иондарын жоюда.

Нанодисперсті магнетитті алуға арналған бастапқы реактивтер-бұл темір тұздарының сулы ерітінділері: $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ және $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Ерітіндіні дайындалған күннен бастап 1 ай бойы қолдануға болады. $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ерітіндісінің қажетті мөлшерін дайындау үшін 38 г тұзды тұрақты араластыру кезінде 75 мл суға толығымен еріту керек. Ерігенде ерітіндіні екі валентті темірдің үш валентті күйге өтуін болдырмау үшін қыздыруға болмайды. Осылайша алынған темір тұздарының ерітінділерін жалпы колбаға құяды, онда тұрақты араластырғанда 180 мл 25% NH_4OH су ерітіндісін құяды.

Магнетит реакциясы бойынша химиялық конденсация әдісімен алынады



2 - және 3-валентті темір тұздарының ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 25 %-дық аммоний гидроксидінің артық ерітіндісі (NH_4OH). Дисперстік коллоидтық дәрежедегі магнетитті алу шарттарының бірі-бөлшектердің өсуін шектеу мақсатында ерітінділерді қарқынды араластыру.

Магнетитті бөлу үшін магнетиттің Сулы суспензиясы және реакция өнімдері бар колбаны магнитқа апарды, онда магнетит магниттік сепарация жолымен аналық ерітіндіден (реакция өнімдерінен) бөлінеді. Бұл ретте магнетиттің тұнба түріндегі Сулы суспензиясы төменгі жағында орналасқан, бұл жатырдың ерітіндісін ағызуға мүмкіндік береді. (Химиялық зертханалық практикада және химиялық технологияда декантация деп ерітіндіні тұнбадан төгу жолымен сұйық дисперстік жүйенің (суспензияның) қатты фазасының механикалық бөлімшесі түсініледі.) Суспензияны жуу процесін бірнеше рет қайталаған жөн. Соңғы жуу аяқталғаннан кейін колбаны магнетиттің Сулы суспензиясын шоғырландыру және одан суды барынша алып тастау мақсатында қайтадан магнитке қояды. Тұздарды

тұндыру арқылы дайындалған магнетитті пептизациялау магнитті сұйықтықты дайындаудың келесі маңызды кезеңі болып табылады.

Пептизация деп сулы ортада магнитті сұйықтықтың концентратын алу үшін магнетиттің тұрақтануы түсініледі. Ол үшін 50-60 °С дейін қыздыру кезінде 1:1 (10 мл трансформатор майы және 10 мл олеин қышқылы) компоненттерінің арақатынасымен трансформаторлық майдағы олеин қышқылының қоспасын дайындайды. Содан кейін тұрақты қолмен араластыру және электр плитасында қыздыру кезінде магнетиттің Сулы суспензиясына 75-80° С кезінде олеин қышқылы мен трансформатор майының қоспасын құяды. Процесс 3-5 минутқа созылады. Алынған магниттік сұйықтық (МС) тұрақты болуы және уақыт өте келе ерітілмеуі үшін МС (паста) концентратын сусыздандыру қажет. Ол үшін 75-80°С паста этил спиртімен спирт мөлдір болғанға дейін жуылады (25 г магнетитке шамамен 150 мл). Процесті Қолмен, паста мен этил спиртінің қоспасын 60-70 °С дейін қыздыра отырып, қарқынды араластыру кезінде жүргізеді.

МС концентратын диспергирлеу үшін оған трансформаторлық май (~20 мл-ден) шағын үлестермен құйылады. Алдын ала араластыру қолмен жүргізіледі (фторопластты ұштығы бар таяқшамен), содан кейін техникалық МС бар стақан плиткаға қойылады, онда 80-85 °С кезінде 1-2 сағат бойы МС Автоматты араластырғышпен араластыру кезінде диспергирлеу жалғастырылады. Алынған МС-біртекті, қара, тән жылтырлығы бар өнім — автоматты араластырғышта араластыруды жалғастыра отырып, содан кейін бөлме температурасына дейін салқындатылады. МС дайындау оны центрифугалау арқылы аяқталады. Бұл үшін техникалық МС пластмасса стакандарға құяды және бөлу факторы 6000 g 1 сағат ішінде центрифугалайды [1]. Процесс аяқталғаннан кейін параметрлерді өлшеуге кірісуге болады (қанығу магниттілігі, тығыздығы, тұтқырлығы және т.б.).

Магниттік бөлшектер сыртқы магнит өрісінің әсерінен мақсатты түрлерді таңдап біріктіру және манипуляциялау немесе қажетті жерге тасымалдау үшін пайдаланылуы мүмкін. Оның көлеміне байланысты магниттік нанобөлшектер суперпарамагнитті болып табылады, олардың жалаңаш түрінде немесе беткі жабыны бар жабын арқылы әртүрлі қолдану салаларында үлкен әлеуеті бар және нақты қолдану үшін таңдалған функционалдық тобы. Осы жұмыста, сондай-ақ осы тұжырымдаманы иллюстрациялау үшін магнитті нанобөлшектерді қолданудың үш саласы қарастырылады, атап айтқанда: тығыздық бөлуге арналған магнитті сұйықтықтарда, терапевтік және диагностикалық тестілеуде, сондай-ақ ағынды суларды өндеуде және металл иондарын жоюда.

Наноқұрылымды материалдар көбінесе бірегей электрлік, химиялық, құрылымдық және магниттік қасиеттерге ие, бұл оларды ақпаратты сақтауды, биосенсорлық технологияларды және биомедициналық инженерияны қоса алғанда, қолданудың әртүрлі жаңа салаларында қолдануға мүмкіндік береді [1]. Магнитті қасиеттерге ие нанобөлшектер функционалды молекулаға селективті бекітуді қамтамасыз ете алатын, нысананың магниттік қасиеттерін бере алатын мағынада үлкен артықшылықтарға ие, сондай-ақ электромагнит немесе тұрақты магнит түзетін магнит өрісін басқару арқылы айла-шарғы жасауға және қажетті орынға тасымалдауға мүмкіндік береді [1]. Магнитті нанобөлшектердің тасымалдаушылары үш функционалдық бөліктен тұрады: магнит өткізгіш, беткі жабынды және функционалданған сыртқы жабынды. Тасушының ортасында сыртқы магнит өрісінің қатысуымен бөлшектердің магниттік манипуляциясын жүзеге асыруға мүмкіндік беретін суперпарамагнитті өзек бар. Магнитті ядроның құрамы қолдану аймағына байланысты. Мысалы, жоғары тотығу тұрақтылығы бар магнетит (Fe_3O_4) және маггемит ($\gamma-Fe_2O_3$) қазіргі уақытта медициналық қолдану үшін қабылданған жалғыз улы емес магниттік материалдар болып табылады [2]. Кобальт, никель және неодим-темір-бор сияқты материалдардан тұратын магнитті өзекшелер жақсартылған магнитті қасиеттерге ие болуы мүмкін, алайда бұл материалдар тотығуға бейім немесе адам ағзасында қолдану үшін бетоксикалық болуы мүмкін. Магнитті нанобөлшектер физикалық булану жолымен синтезделуі мүмкін, механикалық уыттану және химиялық жолмен. Оның өлшемдерінің арқасында магнит нанобөлшектері гравитациялық өрістің, магнит өрісінің градиентінің және бөлшектердің бір-

бірімен байланысында пайда болатын элеуетті магнит агломерациясының әсерін еңсере алады [2]. Екінші жағынан, бөлшектер лондондық типтегі тартылу ван-дер-Ваальс күштерінің әрекеті нәтижесінде бір-біріне тартылуы мүмкін.

Сонымен қатар, бұл жүйенің қоршаған ортасымен өзара әрекеттесуін азайту үшін, тұрақтылықты қамтамасыз ету және агломерацияның алдын алу үшін, жабынның бетіне стерильді итеру қажет болуы мүмкін. Функционалданған сыртқы жабын дәрілік заттың биологиялық белсенді молекуласы немесе металл иондарын тазалауға арналған лиганд сияқты компонент болуы мүмкін. Осы функционалданған беттік топтардың мысалдары магниттік нанобөлшектерді түрлі қолдану шеңберінде қаралатын болады. Ферромагнитті материалдар домендер ретінде белгілі облыстарға бөлінеді. Магнитті емес үлгіде бұл домендердің сәттері кездейсоқ түрде бағытталған, бірақ сыртқы қоса берілген магниттік өріс бағытында туралау үрдісі бар. Бөлшектер өлшемі белгілі бір ең төменгі сыни өлшемге жақын болғандықтан, жиі наномөлшемді диапазонда, домендік қабырғалардың түзілуі энергетикалық қолайсыз болады. Магниттеудегі өзгерістер Домна қабырғаларының қозғалысы есебінен емес, арқалардың айналу есебінен болады. Бұл қасиеттерді көрсететін бөлшектер бір байланыс деп аталады. Жылу және электр энергиясымен қамтамасыз ету, жылу және электр энергиясымен қамтамасыз ету, жылу және электр энергиясымен қамтамасыз ету, жылу және электр энергиясымен қамтамасыз ету, жылу және электр энергиясымен қамтамасыз ету, жылу және электр энергиясымен қамтамасыз ету, жылу және электр энергиясымен қамтамасыз ету, жылу және электр энергиясымен қамтамасыз ету. Бұл материалдардың суперпарамагнитті қасиеті жеке бөлшектердің сыртқы магнит өрісі әсер еткенде ғана магнитті болуына пайдалы, бірақ өрісті жою кезінде қалдық магниттілік көрсетпейді. Сонымен қатар, бөлшектер өлшемі бөлшектердің шағын өлшемін қолдануға берілетін функционалдандыру үшін бетінің үлкен ауданын қамтамасыз етеді. interest.In бұл мақалада магнитті нанобөлшектердің қасиеттері қолданылатын үш қолдану саласы қарастырылады, атап айтқанда: тығызметрлік бөлу, медициналық қолдану және сарқынды суларды тазарту және металлдарды жою [3].

Магнитті нанобөлшектерді тығыздық бөлу үшін қолдану магнитті сұйықтықтар тұрақты коллоидты дисперсиялар немесе беттік-белсенді затпен жабылған және гидрофобты немесе гидрофильді сұйықтық-тасығышта суспендирленген бір өлшемді наноөлшектердің суспензиялары болып табылады. Бұл сұйықтықтар суперпарамагнитті мінез-құлыққа ие. Магнитті емес материалдарды әртүрлі дозиметрлік құрамның компоненттеріне бөлу-магниттік сұйықтықтарды пайдалана отырып, құю әдісі болып табылады. Екі іргелі күш магнит өрісінің градиентіне орналастырылған магнитті сұйықтықтың осы көлеміне (V) әсер етеді. Бұл күш ауырлық күші (F_g) және магниттік күш (F_m). Магниттік сұйықтықтың көлеміне жиынтық күш:

$$\begin{aligned}
 F &= F_g + F_m \\
 &= \rho Vg + \mu_0 MV \frac{\partial H}{\partial z} \frac{g}{g} \\
 &= (\rho + \mu_0 \frac{M}{g} \frac{\partial H}{\partial z}) Vg
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Мұнда ρ -магниттік сұйықтықтың тығыздығы, μ - вакуумның магниттік өткізгіштігі, M -сұйықтықтың магниттелуі, H -магниттік өрістің кернеулігі, h/z -тік магниттік өріс, g -еркін түсуді жеделдету. Эквалайзердегі жақшадағы өрнек. 1 Егер магнит өрісінің градиенті гравитация параллельді және сол мағынасы бар деп болжасаңыз, сұйықтықтың көрінетін тығыздығы ретінде қарастыруға болады [2]. Сұйықтыққа ұшыраған магниттік өрістің градиентін өзгертіп, магниттік сұйықтықтың көрінетін тығыздығын басқаруға болады.

Жыл сайын магнитті нанобөлшектер биомедицинада кеңінен қолданылады, олар ісіктердің гипертермиясы және дәрілік заттарды адрестік жеткізу үшін қолданылады, олардың негізінде МРТ-контрастирлеуші агенттер және жоғары дәлдіктегі биосенсорлар

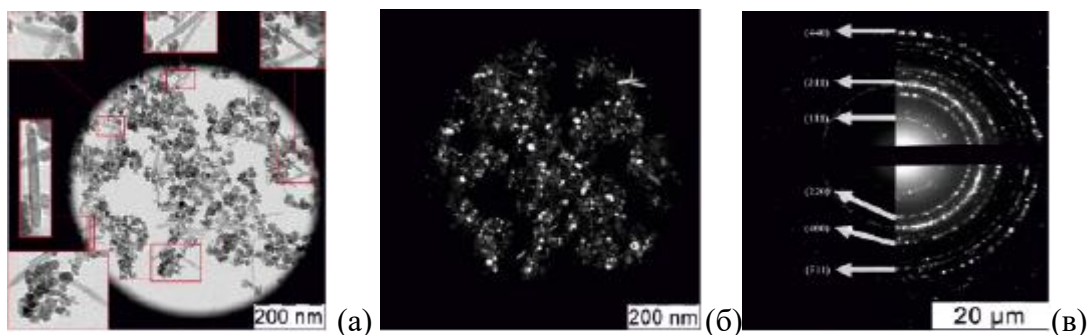
құрылады [1, 2]. Биомедицина саласындағы магниттік нанобөлшектердің арасында ең көп таралған магнетит нанобөлшектері бар. Наноөлшемді магнетит гидротермалды синтез, Темірдің органикалық тұздарының Жоғары температуралы ыдырауы, сондай-ақ тұндыру әдісі сияқты әртүрлі тәсілдермен алынуы мүмкін [3]. Тұндыру әдісі магнетит нанобөлшектерін алудың ең қолжетімді тәсілі болып табылады, өйткені басқа әдістерге қарағанда ол жоғары температураны талап етпейді, экологиялық қауіпсіз және іске асыруда салыстырмалы қарапайым. Дегенмен, оның таралуына және іске асырудың қарапайымдылығына қарамастан, оны жүргізудің бірыңғай әдістемесі жоқ: синтездің физикалық-химиялық шарттары өзгереді, бұл алынатын нанобөлшектердің сипаттамаларында көрсетіледі. Әдетте, аммиактың су ерітіндісінен темірдің екі және үш валентті тұздарын тұндыру әдісі бойынша наноөлшемді магнетитті алу әдістемесіндегі ең үлкен біртектілік инертті атмосфераны пайдалану мәселесі болып табылады. Авторлардың қатары ауа оттегінің қатысуымен реакция жүргізеді, ал басқа авторлардың пікірінше инертті атмосфераны пайдалану қажет. Ауа оттегінің болуы екі валентті темірдің үш валентке дейін тотығу қаупін тудырады, соның нәтижесінде күшті ферромагниттік қасиеттерге ие магнетиттің (Fe_3O_4) орнына магнетит ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) пайда болуы мүмкін, оның магниттік қасиеттері айтарлықтай әлсіз немесе олар мүлдем жоқ $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. Біздің өз тәжірибемізіміз көрсеткендей, инертті атмосферада реакция жүргізу қажет, бұл барынша жаңғыртылатын нәтижелер алуға мүмкіндік береді. Алайда, тіпті инертті атмосфераны пайдалана отырып, наноөлшемді магнетитті алған кезде өте ерекше нәтижелерді байқауға болады.

Магнетит нанобөлшектерін алу әдістемесі

Реакция азот атмосферасында майлы моншаны пайдалана отырып, магнитті араластырғышта үш колбада жүргізіледі. Темір сульфатының (II) және темір хлоридінің (III) ілмелерін 2:1 моль қатынасында дистилденген суда ерітеді. № 1-3 тәжірибелерде тазартылған су алдын ала инертті газ атмосферасында қайнаған. № 4-6 тәжірибелерде қайнатылған тазартылған су Қосымша РН 2,1–2,2-ге дейін тұз қышқылының ерітіндісімен қышқылданған. № 7-10 тәжірибелерде қайнатылған тазартылған су рН 1,8-1,9 дейін тұз қышқылы ерітіндісімен қышқылданған. Нәтижесінде құрамында 2мас концентрациясы бар темір хлоридтерінің (II) және (III) қоспасы бар су ерітіндісі пайда болады. %. Алынған ерітіндіні азот тоғында тұрақты араластыру кезінде 70 °С дейін қыздырады. Содан кейін аммиак ерітіндісін құяды (4 көлемі. содан кейін реакциялық қоспа 30 минут бойы 70 °С температурада азоттың тоқында тұрақты араластыру кезінде ұсталады. Алынған нанобөлшектер тұрақты неодимді магнитте магнитті сепарация жолымен тұндырады, тұнбаларды дистилденген сумен жуады, процедураны жуу суларында рН 7,0 мәніне жеткенге дейін бірнеше рет қайталайды. Нанобөлшектерді жуғаннан кейін магнитке тұндырады және алдын ала инертті газ атмосферасында қайнатылған дистилденген суда ресуспендиялайды. Пайда болған суспензияны алдын ала азотпен сатылған ыдысқа апарды және 2-4 °С температурада герметикалық ыдыста сақтайды. Суспензиядан алынған суспензияның концентрациясын анықтау үшін мұқият араластырылғаннан кейін 1 мл-ден бес аликвот алынады, олар 120 °С температурада кептіргіш шкафта тұрақты салмаққа дейін кептіріледі.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Тәжірибелердің бірінші сериясын өткізу кезінде (№1-3 тәжірибелер) нанобөлшектері алынды. Осы микрофотографияда ұзындығы 20-дан 400 нм-ге дейін және қалыңдығы 2 нм наностержндар анық көрінеді. Наностержндер жанама реакция өнімі және олардың болуы жағымсыз. Сур. 1, б-қара өрісте сол бөлшектердің микрофотографиясы. Қара өрісте бөлшектер микрофотографиясында кристалды торға ие заттар анық көрінеді, ал аморфты заттар әлсіз ажыратылады, сондықтан бұл өзектер кристалды торға ие және ең алдымен монокристалдар болып табылады.

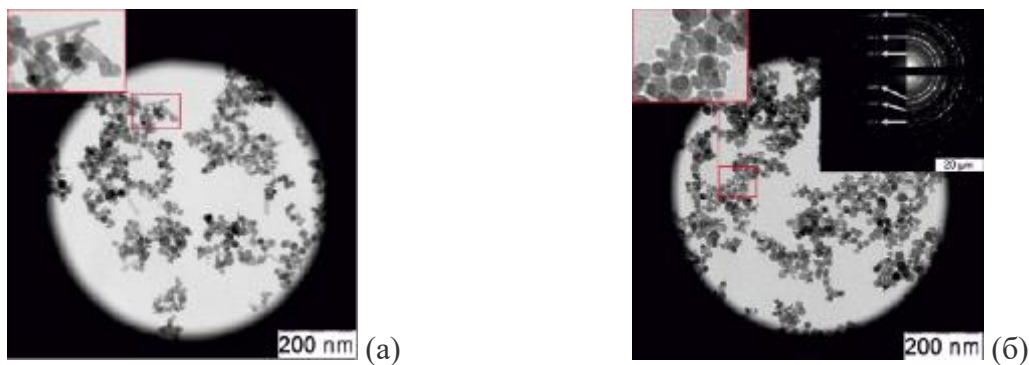


Сурет 1. Бірінші тәжірибе сериясында синтезделген нанобөлшектердің электрондық микрофотографиялары: а) ашық өрісте; б) қараңғы өрісте; в) электрондық дифракция (SAED)

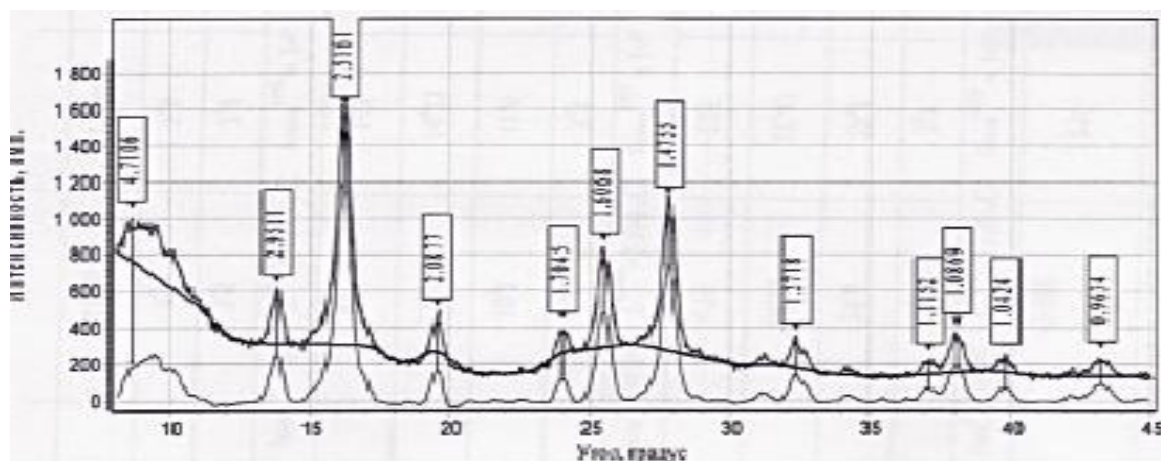
SAED спектріне сәйкес (сур.1, в), бұл наноұстағыштар магнетиттен өзгеше құрамы бар деп айтуға болады, өйткені спектрде магнетитке тән сақиналардан басқа оған сәйкес келмейтін сақиналар байқалады. Магнетитке тән емес, сақиналар өте әлсіз, бұл наностерждер қоспа екенін көрсетеді. Сипатталмаған сақиналардың әлсіз білінуіне байланысты, сондай-ақ магнетит сақинасына олардың салынуына байланысты оларды сипаттау және наностерждердің химиялық құрамын анықтау өте қиын. Әдеби деректерге негізделе отырып, наностержн химиялық құрамы бойынша гөзтит ($\alpha\text{-FeOOH}$) болып табылады деп болжауға болады. Сонымен, Rosalia Marino-Fernandez және әріптестерінің жұмысында гөзтит ұқсас тұндыру әдісі бойынша синтезделді [4].

Бұл жұмыста келтірілген электрондық микрофотографиялардың талдауынан наноөлшемді гөзтит бізге алынған наноөлшеуіштер болып табылатыны көрініп тұр. Наностерждердің пайда болуының ең ықтимал себебі эквивалентті темір гидролизінің алдындағы ерімейтін қосылыстар түзілетін үшвалентті темір гидролизі болып табылады. Үшвалентті Темірдің ерімейтін гидроокқышқылдарының шөгуі рН 2,2 кезінде байқалады, ал эквивалентті Темірдің ерімейтін гидроокқышқылдарының түзілуі үшін рН кем дегенде 7,0 талап етіледі, ал олардың толық шөгуі үшін рН 9,0–14,0 талап етіледі. Осылайша, ерімейтін қосылыстардың пайда болуымен үшвалентті темір гидролизі басталды, ал эквивалентті темір гидролизі әлі болмайды. Бұл жағдайда магнетиттің пайда болуы мүмкін емес, өйткені оны алу үшін Fe_2^+ және Fe_3^+ бір мезгілде тұндыру қажет. Fe_3^+ ерте гидролизінің нәтижесінде темір гидроксиді түзіледі, содан кейін ауыспалы құрамды ферригидриттерге ауысады: $5\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ немесе $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ($x = 1 \div 5$). Қартаю нәтижесінде алынған ферригидриттер үш валентті темір оксигидроксидіне (III) $\text{FeO}(\text{OH})$ өтеді. Fe_3^+ гидролизі байқалмайтын, бастапқы ерітіндіні рН дейін Қышқылдандыру жолымен үшвалентті Темірдің уақытынан бұрын шөгуін болдырмауға болады. Содан кейін қышқылданған ерітіндіге аммиак ерітіндісін рН 9,0–14,0 мәндеріне жеткенге дейін тез қосу қажет, ол кезде магнетит түзіле отырып, Fe_3^+ және Fe_2^+ бір мезгілде гидролизі ағады. Fe_3^+ ерте шөгуінің алдын алу үшін, тәжірибелердің екінші сериясында (№6-8 тәжірибелер), темір тұздарының ерітіндісі алдын ала рН 2,0–2,3 дейін қышқылданған. Қалған тәжірибе № 1 тәжірибесіне ұқсас болды. Қышқылдану кезінде пайда болған нанодержниктердің саны мен мөлшері айтарлықтай азайды. Дегенмен, олардың шамалы болуын байқауға болады, бұл суретте (2,а) көрінеді.

Тәжірибелердің екінші сериясында алынған SAED спектрлері №1 тәжірибесінде алынған SAED спектрімен ұқсас болды және оларға магнетитке тән емес сақиналар да қатысты.



2-сурет. Нанобөлшектердің электронды микрофотографиялары: а) екінші сериядағы тәжірибелердің синтезделген; Б) үшінші сериядағы тәжірибелердің синтезделген



3-сурет. Тәжірибелердің үшінші сериясында синтезделген үлгінің рентгенограммасы

Наностержндердің түзілуінің алдын алу үшін үшінші тәжірибе сериясы өткізілді, оларда темір тұздарының бастапқы ерітіндісі рН 1,8-1,9 дейін күштірек қышқылдандырылды, қалған реакцияны жүргізу тәсілі өзгеріссіз қалды. Бастапқы реакциялық қоспаның қышқылдануының арқасында жағымсыз қоспадан толықтай құтыла алды. Сур. 2, ал рН 1,8–1,9 дейін қышқылданған аналық ерітіндіден синтезделген нанобөлшектердің микрофотографиясы ұсынылған. Бұл микрофотографияда реакция барысында магнетиттің нанобөлшектері ғана пайда болғаны анық көрінеді. Алынған нанобөлшектердің химиялық құрамы магнетитке (Fe_3O_4) сәйкес келеді және рентгенофазды талдау арқылы расталған (сурет 3) және электрондық дифракция (сурет 2,б). Соңғы өнімде қоспалардың болмауы соңғы өнімнің химиялық құрамымен де, нанодержкалардың болмауымен де расталады. Электрондық микрофотография көмегімен алынған деректерді талдауға негізделе отырып (сурет 2,а), электрондық дифракция (SAED) және нанобөлшектердің рентгенограммасының деректері (сурет 3), тәжірибелердің үшінші сериясында алынған нанобөлшектер 12 ± 4 нм бөлшектерінің орташа диаметрі бар магнетиттің нанобөлшектері болып табылады деп айтуға болады [5].

Осылайша, тұндыру әдісімен магнетиттің нанобөлшектерін синтездеудің физика-химиялық шарттарын талдау және іріктеу негізінде 70°C температурада инертті газ (азот) атмосферасында магнетиттің нанобөлшектерін химиялық құрамы мен өлшемдері бойынша біртекті алудың оңтайлы тәсілі әзірленді. Жарық түсіретін электрондық микроскопия, SAED селекторлы диафрагмасы бар электрондық дифракция және рентгенофазды талдау әдістерімен азот атмосферасында рН 1,8–1,9 және 70°C температурада синтездеу жүргізу кезінде алынған нанобөлшектер Темірдің басқа қосылыстарының қоспасыз (гоэтит) бөлшектерінің орташа диаметрі 12 ± 4 нм магнетит болып табылады. Алынған магнетит нанобөлшектері биомедициналық мақсаттар үшін пайдаланылуы мүмкін [6].

Әдебиеттер тізімі

1. Полуниин В.М. Механика нано и микродисперсных магнитных сред: Методика получения магнетита и магнитных жидкостей на трансформаторном масле, -М.: ФИЗМАТЛИТ, -2015, 192 с.
2. Марнаутов Н.А., Комиссарова Л.Х., Татиколов А.С., Ларкина Е.А., Елфимов А.Б., Васильков О.О. Разработка оптимального способа получения однородных по химическому составу и размерам наночастиц магнетита для биомедицинских целей // Успехи современного естествознания. 2017, № 6, С. 23-27. [Электронный ресурс] - URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36493>.
3. Г. Н. Петров. Трансформаторы. Том 1. Основы теории, -Москва: Государственное Энергетическое Издательство, 1934.
4. В. Н. Ванин. Трансформаторы тока, -М: Энергия, 1966.
5. Постнов В. Н., Королев Д. В., Галагудза М. М. Наносенсоры в биологии и медицине // Биотехносфера 2013, Т. 68. -№4, С.84-85.
6. E.O. Foster, in "Electrical Insulating Liquids", edited by R. Bartnikas. Published by ASTM, Philadelphia, 1994, P. 262 – 30

УДК 539.1.06

ДИАГНОСТИКА ХАРАКТЕРИСТИК МОДУЛИРОВАННЫХ ПРОТОННЫХ ПУЧКОВ НА ОСНОВЕ ТКАНЕЭКВИВАЛЕНТНЫХ ДОЗИМЕТРОВ

Кабиев Муса Булатулы

kzswim@mail.ru

Докторант 1 курса ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Республика Казахстан
Научный руководитель – Кабдрахимова Г.Д.

Введение. Ядерная медицина – это область фундаментальной и практической медицины, основанная на использовании для диагностики и лечения заболеваний радиофармацевтические препараты и свойства ионизирующего излучения. Одновременно, это и мультидисциплинарная область, в которой требуется совместная работа врачей-радиологов, медицинских физиков, химиков, молекулярных биологов, инженеров и др. Наибольшее распространение технологии ядерной медицины получили в онкологии, кардиологии и неврологии [1, 2].

Сегодня ядерная медицина активно развивается и получает всё большее признание во всём мире. Преимущества, а в ряде случаев и незаменимость методов ядерной медицины обусловили на протяжении нескольких последних десятилетий её устойчивое развитие и превращение в неотъемлемую часть клинической практики в развитых странах [3].

К сожалению, ежегодно от злокачественного новообразования в Республике Казахстан умирают более 16 тыс. человек, из которых почти половина – это представители экономически трудоспособного возраста.

Сегодняшний технологический прорыв в медицине дает надежду онкологическим пациентам. Протонная терапия – недавнее достижение в области радиационной онкологии. Основное ее преимущество – снижение дозы облучения здоровых тканей, что является целью в детской радиотерапии.

Актуальность исследования. Дистанционная лучевая терапия, к которой относится протонная терапия, представляется собой многодисциплинарное направление ядерной медицины. Она требует непрерывного и четкого взаимодействия медицинских физиков (физиков-ядерщиков со знанием основ медицины) с медицинским и инженерно-техническим персоналом. Планирование протонного лечения для каждого конкретного пациента достаточно сложный процесс как с медицинской, так и физической точки зрения. В конвенциональной терапии фотонами и электронами последнее обычно называют