

**КЫРГЫЗ РЕСПУБЛИКАСЫНЫН УЛУТТУК ИЛИМДЕР АКАДЕМИЯСЫ
ХИМИЯ ЖАНА ФИТОТЕХНОЛОГИЯЛАР ИНСТИТУТУ**

ОШ МАМЛЕКЕТТИК УНИВЕРСИТЕТИ

Д 02.21.629 диссертациялык кеңеши

Кол жазма укугунда

УДК: 620.3.61.66.08

САТИЕВ МИРЛАНБЕК ОРОЗАЛИЕВИЧ

**СУУ ЖАНА ОРГАНИКАЛЫК ЧӨЙРӨДӨ ВИСМУТТУН ЖАНА
СУРЬМАНЫН НЕГИЗИНДЕ НАНОМАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУУ**

05.16.08 - Нанотехнология. Наноструктураланган материалдар

Химия илимдеринин кандидаты окумуштуулук
даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациянын
авторефераты

Бишкек – 2022

Жумуш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын химия жана фитотехнология институтунун нанотехнология лабораториясында аткарылды.

Илимий жетекчиси
(консультант):

Сулайманкулова Саадат Касымбаевна
химия илимдеринин доктору, профессор,
Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын химия жана фитотехнология институту, нанотехнология лабораториясынын башчысы

Расмий оппоненттер:

Петржик Михаил Иванович
техника илимдеринин доктору, профессор,
улуттук изилдөөчү технологиялык университетинин «МИСиС» күкүм металлургиясы жана функционалдык жабуу кафедрасы

Бакенов Жолдошбек Бекбоевич
химия илимдеринин кандидаты, доценттин м.а.
И. Арабаев атындагы Кыргыз Мамлекеттик университетинин химия жана аны окутуунун технологиясы кафедрасы


Жетекчи уюм: Б. Н. Ельсин атындагы Кыргыз-Россия Славян университетинин нанотехнологиялар борбору (720065, Бишкек ш., Киев көч., 44)

Диссертацияны коргоо 2022-жылдын 23-декабрында саат 13:00дө Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Химия жана фитотехнологиялар институтунун жана Ош мамлекеттик университетинин алдындагы химия илимдеринин доктору (кандидаты) окумуштуулук илимий даражасын алуу үчүн Д 02.21.629 диссертациялык кенештин жыйынында корголот, дареги: 720071, Бишкек шаары, Чүй проспектиси, 265-а. Диссертацияны онлайн коргоодогу видеоконференциянын жеткиликтүү ссылкасы https://vc.vak.kg/b/d_0-quu-d2e-lwm

Диссертациялык иш менен Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын борбордук илимий китепканасынан (720071, Бишкек шаары, Чүй проспектиси, 265-а), Ош мамлекеттик университетинин китепканасынан (723500, Ош шаары, Ленин көчөсү, 331) жана <http://vak.kg/> сайтынан таанышууга болот.

Автореферат 2022-жыдын 21-ноябрында таркатылды.

Диссертациялык кенештин окумуштуу катчысы,
химия илимдеринин кандидаты,
улук илимий кызматкер

 Э. А. Шабданова

ЭМГЕКТИН ЖАЛПЫ МҮНӨЗДӨМӨСҮ

Диссертациянын темасынын актуалдуулугу.

Bi жана Sb жарым металлдары жана алардын уникалдуу физикалык жана химиялык-биологиялык касиеттери бар кошулмалары күн батареяларын, электрдик батареяларды түзүүдө, металлургияда, электроникада жана медицинада колдонулат. Мисалы, висмут радионуклиддерин колдонуу (мисалы, ^{213}Bi) ар кандай шишиктерди - лимфомаларды, лейкемияны диагностикалоо жана дарылоо үчүн келечектүү болуп саналат. [Mendis A. N. W. et al., 2011; Morgenstern A. et al., 2012].

Андан тышкары, висмут эң төмөнкү жылуулук өткөрүмдүүлүк коэффициентине ээ, андыктан висмут эритмеси ядролук реакторлордо жалгыз муздатуучу зат катары колдонулат [А.А. Елисеев, А.В. Лукашин, 2010]. Висмут менен сурьманын саналып өткөн бардык артыкчылыктары көлөмдүк эффекттен улам алардын нанобалдарын бир канча эсе күчөтөрү анык [А.А. Елисеев, А.В. Лукашин, 2010].

Висмут жана сурьма наноструктураларын колдонуу белгилүү синтез ыкмаларынын жеткиликсиздиги менен чектелүүдө. Висмут жана сурьма наноструктураларынын коопсуз шарттарда өндүрүш стадияларын кыскартуу менен калыбына келтиргичтерди жана туздарды колдонбостон түздөн -түз синтезделиши эң алгылыктуу жана актуалдуу.

Биз суюк чөйрөдө түзүлгөн импульстуу плазманын энергиясын таасир этүү менен висмут жана сурьманын наноструктурлоону сунуштайбыз. Суюктуктардагы импульстуу плазма (ИПЖ) - катуу затка эң эффективдүү жана локалдаштырылган таасирлердин бири. Катуу заттар үчүн бул методдун аппараттык жасалгалоосу жөнөкөй, үнөмдүү жана жеткиликтүү болуп саналат.

Диссертация темасынын негизги илимий программалар, фундаменталдуу илимий изилдөө иштери менен байланышы.

Иш Улуттук илимдер академиясынын Химия жана химиялык технология институтунун изилдөө планына ылайык: "Жаңы материалдарды түзүү максатында Кыргыз Республикасынын металл кендерин, минералдык жана органикалык чийки заттарын иштетүүнүн технологиялык ыкмаларын иштеп чыгуу" долбоорунун алкагында (мамлекеттик каттоо номери 0003939). жүргүзүлгөн. Бөлүм - "Жогорку технологиялардын негизинде жаңы материалдарды түзүү". "Суюктуктагы импульстуу плазмадан наноматериалдар" кичи долбоору.

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери:

Суу жана органикалык чөйрөдө түзүлгөн импульстук плазманы колдонуу менен висмут менен сурьманын наноструктураларын синтездөө.

Изилдөө милдеттери

- Висмутту жана сурьманы сууда, этил, изопропил спиртинде, этиленгликолдо, глицеринде жана ДМФА- диметилформидде, ДМСО-

диметил сульфоксидде наноструктурирлөө. Нанокуймаларды алуу максатында Bi-Sbнын куймаларын диспергирлөө.

- РФА(рентген анализ),ПЭМ(жарыктандыруучу электрондук микроскоп), СЭМ(сканирлөөчү электрондук микроскоп)колдонуу менен висмуттун, сурьманын, висмут-сурьма куймасынын наноструктурасынын продуктыларынын фазалык составына физика-химиялык салыштырма анализ жүргүзүү.
- Бифидобактерияга (*Bifidobacterium*) карата ИПЖ ден нановисмуттун бактерициддик активдүүлүгүн изилдөө.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы.

Биринчи жолу дисперсиялык чөйрөнүн табиятына жараша висмут, сурьма жана алардын эритмелерин наноструктуралоо продукциясынын фазалык курамына анализ жүргүзүлдү. Висмуттун жана сурьманын негизиндеги металлдык, сульфиддик, оксиддик нанотүтүкчөлөр жана нанобөлүкчөлөр алынды, перспективдүү термоэлектрдик материал- $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ нанокуймалары синтезделди, висмуттун наноэритмесинин *Bifidobacterium* карата биологиялык активдүүлүгү изилденди.

Алынган натыйжалардын практикалык мааниси.

Изилдөөлөрдүн натыйжалары импульстук плазмада сурьма жана висмут наноструктураларын өз алдынча уюштуруу технологияларын багыттуу иштеп чыгуу үчүн колдонулушу мүмкүн. Висмут наноструктуралары бул металлдын массивдүү кошулмаларына салыштырмалуу висмуттун курамы бир топ төмөн болгон эффективдүү дарыларды иштеп чыгууга жардам берет. Висмуттун наноэритмесинин биологиялык активдүүлүгүн изилдөөнүн натыйжалары *Bifidobacterium* га карата висмут препараттары менен дарылоонун жумшак технологиясын иштеп чыгуу үчүн маанилүү, мисалы, *Helicobacter pylori*, (ал ашказан жарасы жана ашказан жана ичке ичеги рак шишигинин себеби болуп саналат).

Алынган натыйжалардын экономикалык мааниси.

Висмут жана сурьмага негизделген наноматериалдарды синтездөөнүн нанотехнологиялык ыкмаларын киргизүү Кыргызстан үчүн жаңы алдыңкы технологияларды жаратат жана жакынкы жана алыскы чет өлкөлөргө сатуунун деңгээлин жогорулатат.

Диссертациянын коргоого берилген негизги жоболору:

1. Висмуттун, сурьманын жана алардын куймаларынын дисперсиялык продуктуларынын фазалык курамдарынын дистирленген сууда, бир атомдуу жана көп атомдуу спирттерде, ДМСО жана ДМФА да түзүлүүчү импульстук плазманын энергиясын колдонуу менен изилдөөнүн натыйжалары.
2. Термоэлектрдик нанокомпозит $\text{Sb/Sb}_2\text{O}_3$ дин, висмут-сурьма наноэритмелерин синтездөөнүн ыкмалары.
3. Алынган наноструктуралардын фазалык курамына РФА, ПЭМ жана СЭМ натыйжалары боюнча дисперсиялык чөйрөнүн мүнөзүнө жана наноструктураланган металлдын табиятына жараша салыштырма анализ жүргүзүү.

4. Bifidobacteriumга каршы висмут нано куймаларынын бактерициддик активдүүлүгүн изилдөөнүн эксперименталдык натыйжалары.

Изилденүүчүнүн жеке салымы.

Диссертациялык иш диссертанттын жекече илимий изилдөөлөрүнүн жыйынтыктарына негизделген. Жумуш Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Химия жана химиялык технологиялар институтунун нанотехнология лабораториясында жүргүзүлдү. Автор висмут жана сурьма наноструктураларынын синтезин өз алдынча иштеп чыгып, эксперименталдык жыйынтыктарды эксперименталдык - илимий түрдө интерпретациялады.

Изилдөөнүн жыйынтыктарынын апробациясы.

Диссертациялык иштин негизги жыйынтыктары: "Медицинада нанотехнологиялар" илимий-практикалык конференциясында (КММА, Бишкек, 2008); "Борбордук Азиядагы нанотехнологиялардын келечеги" эл аралык конференциясында (КР УИАнын ИХТ, Бишкек, 2010, 2011), "Нанотехнология, наноструктураланган материалдар: Кыргызстандын өнүгүү келечеги" аттуу эл аралык илимий конференцияда (ВАК КР, Бишкек, 2020) билдирилген жана талкууланган.

Диссертациянын жыйынтыгын басылмаларга чагылдыруу толуктугу.

Диссертациялык иштин материалдары 10 басмаканада жарык көргөн: анын 10у илимий макалалар.

Диссертациялык иштин структурасы жана көлөмү.

Диссертациялык иш киришүүдөн, үч бөлүмдөн, корутундулардан, колдонулган адабий булактардын тизмесинен турат. Жумуш компьютердик тексттин 85 барагында аткарылган, 31 сүрөт жана 6 таблицаны камтыйт. Библиографиялык тизме 109 аталыштагы тизмеден турат.

ДИССЕРТАЦИЯНЫН НЕГИЗГИ МАЗМУНУ

Киришүү: изилдөөлөрдүн актуалдуулугун негиздейт, изилдөөнүн максатын жана милдеттерин, илимий жаңылыгын, алынган жыйынтыктардын практикалык жана экономикалык маанисин белгилейт, коргоого берилген диссертациянын негизги жоболорун көрсөтөт.

Бөлүм 1. Биринчи бөлүмдө: диссертант висмут жана сурьмага негизделген наноструктуралардын синтези жана изилдөөсү боюнча адабияттык маалыматтарды талдап чыккан, бул наноструктуралоодо Bi жана Sb түтүкчөлүү наноструктураларды да, нанобөлүкчөлөрдү да түзөөрүн аныктоого мүмкүндүк берген. Нанотүтүктөр түз синтез аркылуу да, шаблондорду колдонуу менен да пайда болот (нанотүтүктөрдүн пайда болушуна көмөктөшүүчү тешикчелүү мембраналар, чөйрө, түтүктөргө бурулуп турган пленкалар ж. б.).

Нанотүтүктөрдү түз синтездөө үчүн прекурсорлордун графит сыяктуу катмарлуу түзүлүшкө ээ болушу зарыл. Эгерде андай болбосо, анда көбүнчө

нанобөлүкчөлөр сфералык формага жакын, б.а. наноструктуралардын абалына прекурсорлордун кристаллдык структурасы таасир этет.

Органикалык эмес нанотүтүктөрдү синтездөө үчүн эң эффективдүү ыкмалар:

- газ фазасынан түз синтез (прекурсордук пиролиз);
- шаблон синтези;
- пленкаларды, катмарларды бүктөө.

Изилдөөчүлөр висмут менен сурьманын кристаллдык структурасынын суюк металлдардын кластердик моделинин негизинде алардын наноструктураларынын пайда болушун түшүндүрүшөт. Металдар ээригенде, суюк кластерлер пайда болот, алар катуу металлдын түзүлүшүн улантышат [Велюханов В.П., Архаров В.И., 1972]. Суюк жана катуу металл фазаларынын түзүлүшүнүн ортосундагы байланыштын өзгөчөлүктөрү структуралык тукум куучулук деп аталат.

Наноструктураларды түзүү үчүн процесстерди каттуу телону ашыкча энергияга каныктыруу керек, анткени наноструктуралар энергияга каныккан системалар [В.Б. Федоров, Е.Г. Калашников. , Тананаев И.В.].

Бөлүм 2. ИЗИЛДӨӨНҮН МЕТОДОЛОГИЯСЫ ЖАНА МЕТОДДОРУ.

Баштапкы материалдар жана реагенттер: синтез үчүн баштапкы материалдар металлдык висмут (98,98% -99,8% тазалыгы) жана металлдык сурьма (98,99% -99,9% тазалыгы) болгон. Дисперсиялык чөйрө катары төмөнкүлөр колдонулган: 1) дистирленген суу; 2) Extra маркасындагы этил спирти; 3) химиялык таза изопропил спирти. ; 4) диметилсульфоксид (ДМСО, $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$), (реагенттердин сорту) ТУ 6-09-3818-77; 5) N, N-диметилформамид (ДМФО, $\text{C}_3\text{H}_7\text{ON}$), (химиялык таза) ГОСТ 20289-74; 6) этиленгликол; 7) глицерин.

Рентгендик фазалык анализ (X-ray). Үлгүлөр Cu K α нурлануусу ($\lambda = 1.54187\text{\AA}$) менен Кумамото университетинде (Япония) Rigaku RINT 2500 дифрактометринде рентген анализи менен алынган.

Электрондук микроскопия (СЭМ). Электрондук микроскопиялык сүрөттөр Кумамото университетинде (Япония) JEOL JSM-6490LA сканерлөөчү электрондук микроскоп менен тартылган.

Жогорку мүмкүнчүлүккө (жарыкты чагылдырууга) ээ болгон электрондук микроскопия (ПЭМ) ошондой эле наноструктуралуу материалдардын фазалык курамын аныктоого мүмкүндүк берет. Биз Кумамото университетинин (Япония) JEOL-200 FX электрондук микроскопун колдондук.

Бөлүкчөлөрдүн өлчөмүн анализдөө Бекмэн Култер, N4 Plus субмикрондук бөлүкчөлөрдүн анализатору (Кумамото университети, Япония) аркылуу жүргүзүлгөн.

Суюктуктарда пайда болгон импульстуу плазма.

Висмут менен сурьманын наноструктурасы бул металлдарды суюк чөйрөгө матырылган тиешелүү металлдын эки электродунун ортосунда түзүлгөн импульстуу плазмада чачыратуу жолу менен ишке ашырылган.

Изилдөөнүн объектиси: протоникалык жана апротикалык суюктуктарда түзүлгөн импульстуу плазмада висмут менен сурьманын наноструктурасы.

Изилдөөнүн предмети: протондук жана апротикалык суюк чөйрөлөрдө түзүлгөн импульстуу плазмадагы висмут менен сурьманын наноструктуралары.

Бөлүм 3. ӨЗДҮК ИЗИЛДӨӨНҮН ЖЫЙЫНТЫГЫ

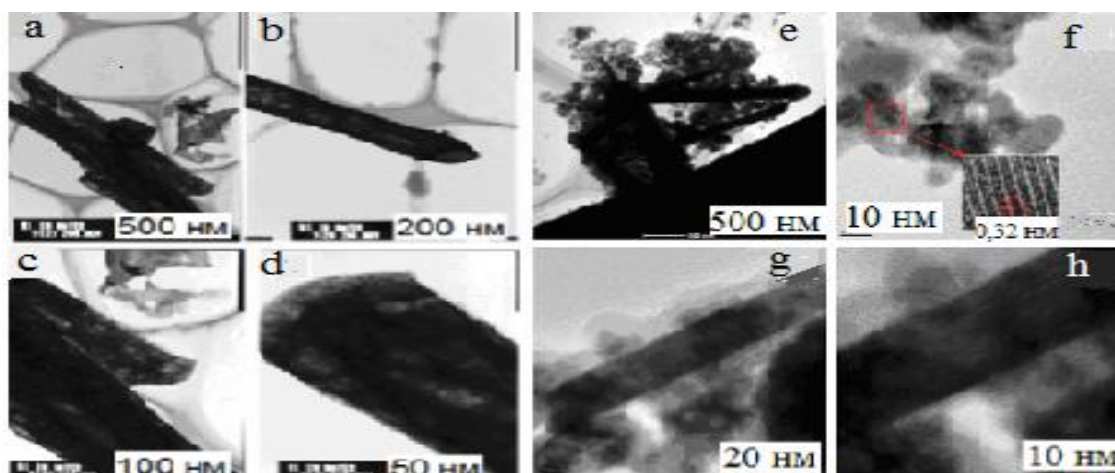
3.1.1. Дисперсиялык чөйрө: суу

Суу эң кеңири таралган протикалык эриткич. туруксуз H^+ камтыйт. Мындай эриткичтердин молекулалары эриткичтерге протондорду (H^+), көбүнчө суутек байланыштары аркылуу беришет.

Наноматериалдарды алуунун эң маанилүү шарты - прекурсорлордун наноструктурасынын тең салмаксыз процесси. Тең салмактуулуктан алыс шарттарда күтүүсүздөн түйүлдүктү пайда кылууга жетишүүгө болот жана пайда болгон нанобөлүкчөлөрдүн өсүшүнөн жана агрегациясынан качууга болот [С.К. Сулайманкулова, У.А. Асанов, 2002; Богуславский Л.И., 2010]. Бул позициялардан ИПЖ (суюктуктардагы импульстуу плазма) нанобөлүкчөлөрдү өндүрүүнүн эң эффективдүү жана азыркы учурда жеткиликтүү ыкмаларынын бири болуп саналат. Бир импульстун энергиясын ИПЖ пайда болгон чөйрөнүн мүнөзүн өзгөртүү менен ар кандай өлчөмдөгү нанобөлүкчөлөрдү синтездөөгө болот. Мисалы, наноструктуралар, аларды жасоо шарттарын атоо, наносфералар, нанотаякчалар, наноөткөргүчтөр, фузиформ (ийик формасында) түрүндө алынышы мүмкүн [Богуславский Л.И., 2010] нанобөлүкчөлөр, нанотүтүк ж.б. Наноматериалдарды синтездөө шарттары аларды колдонуу чөйрөсүн да аныктайт.

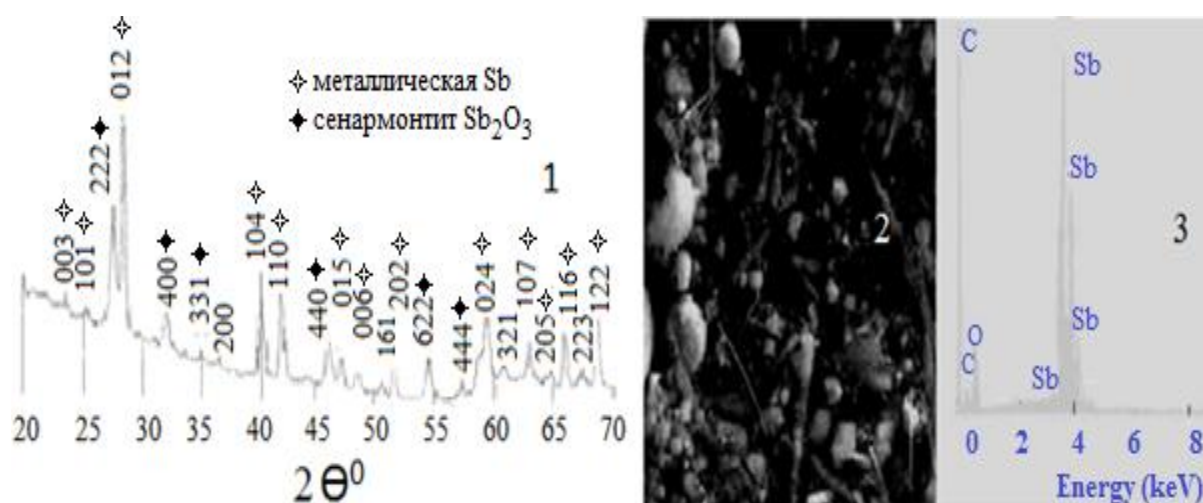
Биринчи эксперименттерде сурьманын жана висмуттун наноструктураларын синтездөө чөйрөнүн экологиялык таза экендигине таянуу менен тазаланган сууда жүргүзүлгөн, бул зыяндуу кошулмалары жок сурьмага негизделген нанопрепараттардын өндүрүлүшү үчүн абдан маанилүү [А.А. Маткасымова жана башкалар, 2008].

Bi_2S_3 кристаллдык торчолордун параметрлери менен орторомбикалык системасында (Pbnm мейкиндик тобу) : ($a = 1.106$ нм, $b = 1.137$ нм, $c = 0.397$ нм) кристаллдашат. бул JCPDS картасынын индексинин No 17-320 маалыматы менен дал келет ($a = 1.114$ нм, $b = 1.130$ нм, $c = 0.398$ нм) жана моноклиникалык $\alpha-Bi_2O_3$ жылдызчалар менен белгиленген эки күчтүү Биз висмут менен сурьма үчүн катмарлуу графит сыяктуу ромбоэдралдык (тригоналдык) кристаллдык структура менен көмүр нанотүтүктөрүнүн пайда болушуна окшош ИПЖ дин жогорку энергиялуу таасири астында суюк углеводороддордо, дистирленген сууда кабырчактап турган металл катмарларынан нанотүтүктөрдү синтездөөгө болот деп божомолдодук. [Жаснакунов Ж.К., 2009].



3.1-сүрөт- TEM сүрөттөрү Bi (a, b, c, d), Sb (e, f, g, h) нанотүтүктөр сууда түзүлгөн импульстуу плазмада

Чынында эле, висмут менен сурьманын катмарлуу структурасы бизге бул элементтердин нанотүтүктөрүн тазаланган сууда наноструктуралоо аркылуу алууга мүмкүндүк берди (3.1 -сүрөттөгү ПЭМ сүрөттөрү). Металлдык сурьманын наноструктурасы (тазалыгы 99,97%) 0,05 Дж бирдиктүү импульс энергиясында дистирленген сууда жүргүзүлгөн.

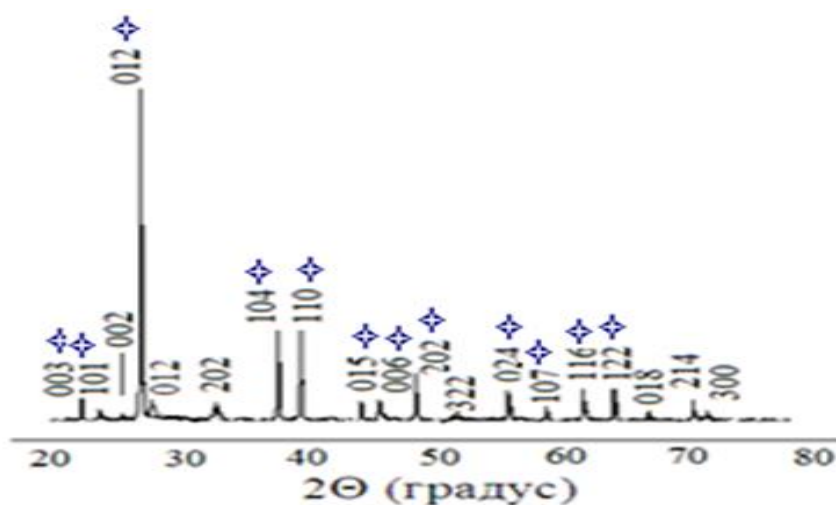


3.2 -сүрөт - Сууда түзүлгөн сурьма наноструктурасынын жыйынтыктары: 1 - Рентген: белгилери жок линиялар - валентинит; 2 -ПЭМ сүрөтү (металлдык сурьманын караңгы нанотүтүктөрү жана сурьманын оксиддеринин жарык сфералык нанобөлүкчөлөрү сенармонтит жана валентинит; 3 - элементтик анализ.

Рентген X-ray (рентген фазасы) анализинин жыйынтыгы боюнча (3.2.1-сүрөт), сурьманын тазаланган сууга энергиялык каныгуусу менен үч фаза пайда болот: ромб сыяктуу Sb, оксиди Sb_2O_3 эки модификацияда: орторомбдук (чагылуу сызыктары 200, 161, 321, 223) жана куб сыяктуу. Сурьманын тазаланган сууда таралышынын продуктусундагы негизги фаза (чагылуу линиялары - 012, 104 жана 110) металлдык сурьма. Экинчи фаза

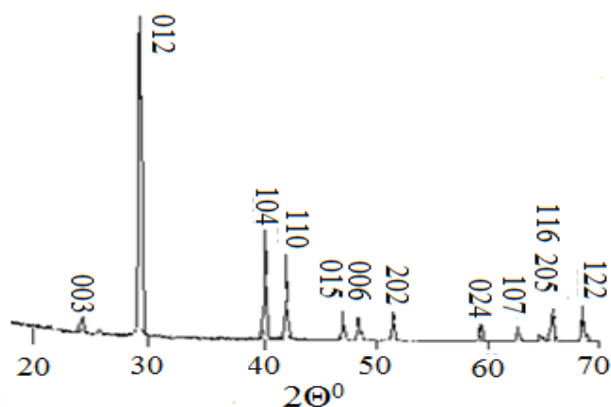
222, 400, 331, 440, 622, 444 рефлексиялык индекстери менен куб, сенармонтит Sb_2O_3 ; аз сандагы орторомб сыяктуу Sb_2O_3 бар - валентинит (200, 161, 321, 223). Продукциянын ТЕМ сүрөтү (2 -сүрөттү караңыз. 2) Дистирленген сууда алынган Sb наноструктурасында сурьманын оксиддеринин жарык сфералык нанобөлүкчөлөрү жана металлдык сурьманын кара түтүкчөлүү нанобөлүкчөлөрү аныкталган. SEM боюнча элементардык анализдин жыйынтыктары (2.3-сүрөттү караңыз) рентгендик фазалык анализдин жыйынтыктарын тастыктайт: негизги фаза-металл сурьма нанотүтүктөрү (88,39%). Үлгүдө көмүртек бар, анткени ал көмүртектин субстратына коюлган.

Рентгенофазовый анализ дисперсии висмута из дистиллированной воды (рисунок 3.3) позволил установить, что в данном случае формируются частицы металлического висмута (отмечены звездочкой) и оксида висмута – α - модификация оксида Bi_2O_3 (моноклинная кристаллическая решетка, пространственная группа $P2_1/c14$, рефлексы 002, 012, 202, 322, 018, 214, 300). Частицы металлического висмута [D. Wang и др., 2003], также как нанотрубки сурьмы из воды, кристаллизуются в ромбоэдрической сингонии (пространственная группа $R3m,166$) с параметрами кристаллической решетки: $a=0.455$ нм и $c=1.186$ нм.



3.3 -сүрөт - Дистирленген сууда алынган висмуттун рентген X-гау дисперсиясынын дифрактограммасы

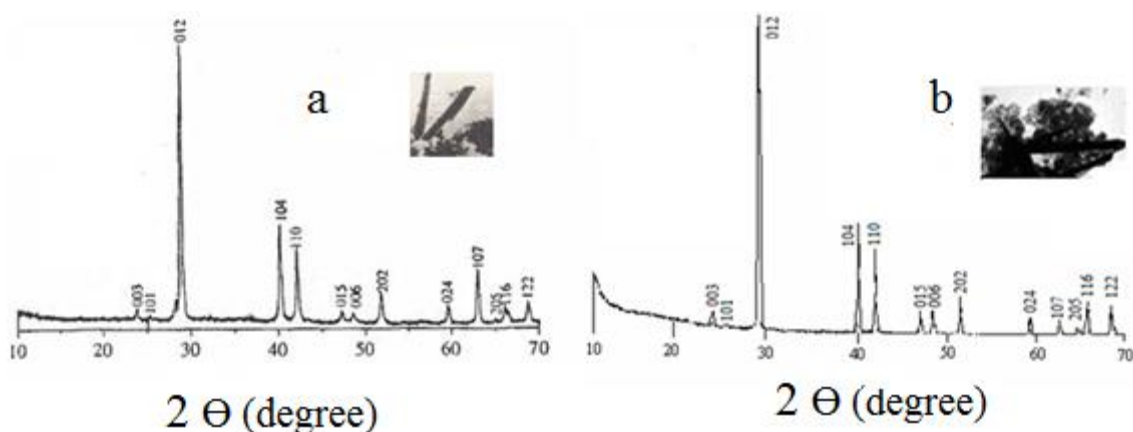
Висмуттун дисперсиясынын рентген фазалык анализи (3,3-сүрөт) металлдык висмуттун (жылдызча менен белгиленген) бөлүкчөлөрү жана висмут оксиди- α - Bi_2O_3 (моноклиндик кристаллдык торчолуу, $P21 / c14$ мейкиндик группа, чагылдыруу: 002, 012, 202, 322, 018, 214, 300). Металлдын маанилүү катализатору болгон металлдык висмуттун бөлүкчөлөрү [Д. Ван ж.б., 2003], ошондой эле суудан алынган сурьма нанобөлүкчөлөрү $a = 0.455$ нм жана $c = 1.186$ нм болгон ромбоэдрдик системада (мейкиндик тобу $R3m, 166$) кристаллдашат.



3.4 -сүрөт - Дистирленген сууда алынган Витун таза X-гау нанотүтүктөрүнүн дифрактограммасы

Дистиллирленген суудагы Вi наноструктурасынын продуктысы висмуттун оксидинен тазалоо үчүн 15% вино кислотасынын эритмеси менен иштетилген жана инерттүү азот агымында бөлмө температурасында кургатылган. Рентген анализи Cu K α -нурлануу ($\lambda = 0.1542\text{nm}$) менен DRON-6 рентген аппаратында жүргүзүлгөн (3.4.-сүрөт). Висмут оксидинен тазаланган үлгүдөгү рентген сүрөтүндөгү бардык чагылтуу сызыктары ромб сыяктуу сурьмага таандык (мейкиндик группа R3m, 166, $a = 0.4308\text{ nm}$ жана $c = 1.1280\text{ nm}$).

ТЭМде-сууда сурьманын дисперсиясынын тазаланган продуктусунун сүрөттөрү (1-сүрөттү караңыз. Eh), металлдык сурьманын $D = 7\text{-}40\text{ nm}$ жана $L = 200\text{-}250\text{ nm}$ нанотүтүктөрү табылган (Figure 1. e, g, з). Катмарлардын металл катмарларынын аралыгы $0,32\text{ nm}$ (Сүрөт 1.фти караңыз).



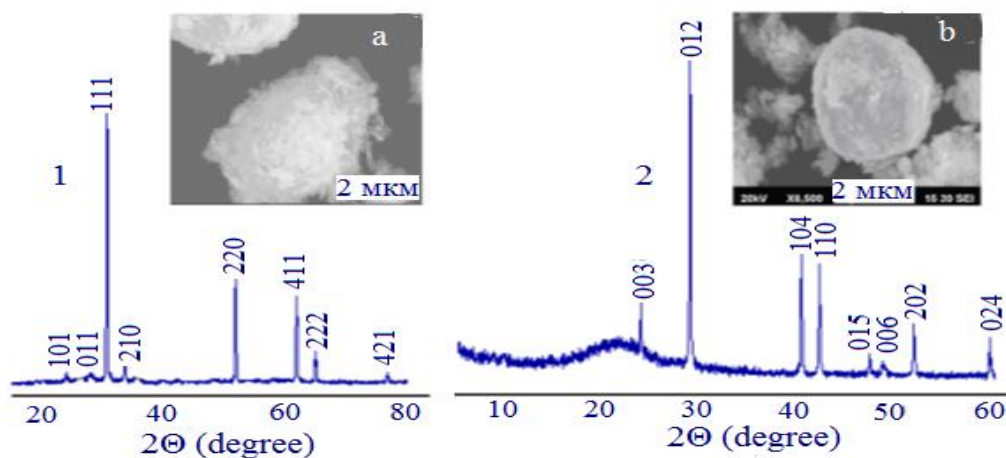
3.5 -сүрөт - сурьма нанотүтүктөрүнүн рентген жана ПЭМ сүрөттөрү: а - вино кислотасынын эритмеси менен иштетилгенден кийин тазаланган суудагы импульстуу плазмадан; б - автоклав гидротермикалык ыкма менен алынган [Д. Ванг жана башкалар, 2003]

Sb нанотүтүктөрүнүн суудан жана гидротермдик ыкма менен алынган рентген(X-ray) жана TEM сүрөттөрү (5-сүрөт) окшош, бирок автоклав

ыкмасы менен алынган сурьманын дисперсиясында Sb_2O_3 (чагылуу сызыгы 222, жылдызча (3.5.b сүрөттү караңыз) Автоклаудык (тез жарылуучу) методдон айырмаланып, сурьманын энергия менен каныктыруу ыкмасы атайын аппаратуралык камсыздоо позициясында жеткиликтүүрөөк: муздаткычтарга, жарылууга каршы түзүлүштөргө муктаждык жок.

Мындан тышкары, кытайлык изилдөөчүлөр сурьма туздарын жана калыбына келтиргичтерди прекурсор катары колдонушат, анын компоненттери максаттуу продукцияны булгаган - сурьма нанотүтүктөрү, ал эми тазаланган сууда вино кислотасы менен иштетилген сурьманын дисперсиялык продуктусунун электрондук микроскопунун сүрөтү сурьманын оксиддеринин түстүү нанобөлүкчөлөрүн да көрсөтпөйт. (3.1.ch сүрөтүн караңыз). Вино кислотасынын эритмеси менен тазалоо жолу аркылуу металлдык висмуттун таза нанотүтүкчөлөрү да изоляцияланган, анын дифрактограммасы (4-сүрөттү караңыз) сурьманын таза нанобөлүкчөлөрүнүн дифрактограммасына окшош (5a-сүрөттү караңыз). Тазаланган суудан вино кислотасы менен иштетилген висмут дисперсияларынын ПЭМ сүрөттөрү (3.1-сүрөттү караңыз. a, b, c, d) 30-40 нм диаметри жана 50-200 нм узундугу бар металлдык Вi тун тыгыз түз нанотүтүктөрүн ачты.

3.2 Этил жана изопропил спирттеринин протондук-дисперсиялык чөйрөсү



3.6 –сүрөт. Этил спиртинде алынган висмуттун (1) и сурьманын дисперсиясынын X-ray и SEM-сүрөттөрү

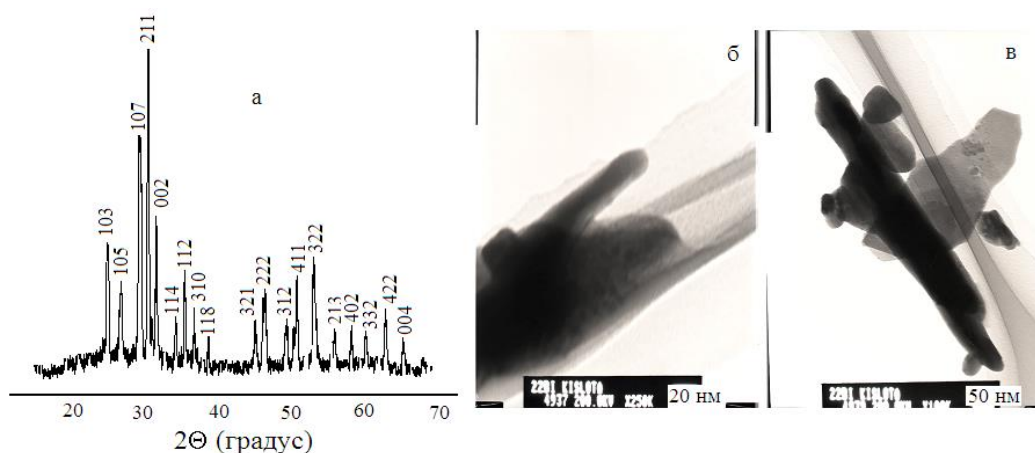
Рентген анализинин жыйынтыгы боюнча (Rugaku RINT-2500 Cu $K\alpha$ нурлануусу менен $\lambda = 0.1542$ нм), этил спиртиндеги висмут менен сурьманын наноструктуралык продуктылары оксиддердин изи жок металлдык висмуттан жана сурьмадан турат. Алынган дисперсиялардын дифракциялык үлгүлөрү 6 -сүрөттө көрсөтүлгөн (висмут үчүн - 1, сурьма - 2). Кызыктуусу, ромбоэдралдык висмут кристаллдык тор параметрлери бар моноклиникалык системасы бар металл бөлүкчөлөрүнүн (космос тобу P2.1 / m, 11) пайда болушу менен этил спиртинде чачырап кетет: $a = 0.6693 \text{ \AA}$, $b = 0.4146 \text{ нм}$, $c =$

0.4706 нм, $\beta = 86.57^\circ$. Ошентип, биз структуралык фазалык өтүп кетүүнү байкайбыз.

Энергиянын каныккандыгынын натыйжасында сурьма баштапкы ромбоэдралык системасында кристаллдашат (мейкиндик группасы- R3m, 166) торчо параметрлери менен: $a = 0.4306$ нм жана $c = 1.1281$ нм, бул JCPDS картотекасынын No35-732 маалыматтары менен дал келет.

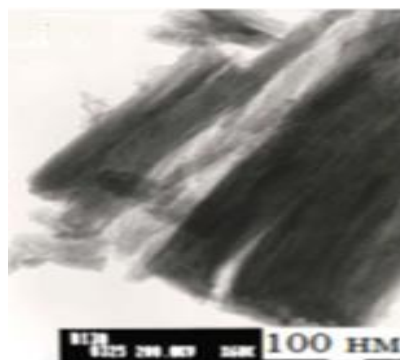
Этил спиртинен висмут жана сурьма үлгүлөрүнүн ПЭМ сүрөттөрү (JEOL JSM - 6490LA) (3.6, а, б -сүрөт) орточо өлчөмдөгү агломераттары байкалат. (гранулометрикалык анализинин жыйынтыктары боюнча, LS 13 320 **Aqueous Liquid Module**) 1000– 2000 нм, нанобөлүкчөлөр көрүнбөйт.

"Агломераттар эмнеден турат?" деген суроо туулат. Бул суроого жооп берүү үчүн Bi жана Sb дисперсиялык продуктулардын ПЭМ сүрөттөрү алынды. Этил спиртинен висмуттун дисперсиясынын ПЭМ сүрөтү (3.7 - сүрөт) диаметри 3–10 нм жана узундугу 200 нмге чейинки висмут нанотүтүктөрүн ачты.-



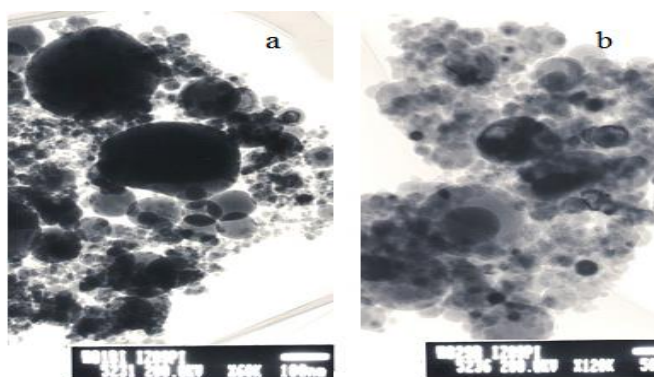
3.7-сүрөт. Рентген жана ПЭМ- этил спиртинде висмутту таркатуу аркылуу алынган висмут нанотүтүктөрүнүн сүрөттөрү

Гранулометриялык анализдин жыйынтыгы висмут нанотүтүктөрүнүн орточо өлчөмү 70-80 нм экенин аныктоого мүмкүндүк берди. Алынган натыйжалардан этанолдон алынган висмут нанотүтүктөрүнүн негизги бөлүгү төмөндөгүдөй өлчөмдөргө ээ: $D = 3-10$ нм, $L = 70-80$ нм. Сурманын этанолдогу дисперсиясы металлдык нанотүтүктөрүн да чыгарган ($D = 3-20$ нм, L 100 нмге чейин)



3.8 –сүрөт. Сурьманын нанотүтүктөрүнүн ПЭМ-сүрөтү(дисперсиялык чөйрөсү: этил спирти).

ТЕМ - сурьманын дисперсиялык продуктусунун сүрөтү 3.8 -сүрөттө көрсөтүлгөн. Сурьманын дисперсиялык продуктусунун гранулометрикалык анализинин жыйынтыгы боюнча: этил спиртинде 99,99% сурьманын нанотүтүктөрү.



3.9-сүрөт.изопропил спиртинде алынган висмуттун(а) жана сурьманын(б) металлдык нанобөлүкчөлөрүнүн ПЭМ-сүрөттөрү.

Изопропил спиртиндеги импульстуу плазмада висмут менен сурьманын дисперсиясынын X-рау продуктуларында металлдык висмуттун жана сурьманын линиялары ошол эле ромбоэдралдык кристалл системасында кристаллдашкандыгы аныкталган. Эки металл үчүн тен R3m (166) мейкиндик группа, торчо параметрлери менен: $a = 0.4562$ нм жана $c = 1.187$ нм Вi үчүн, $a = 0.4313$ нм жана $c = 1.1288$ нм Sb үчүн.

Бул үлгүлөрдүн ТЕМ сүрөттөрү 6.5-140 нмге чейинки өлчөмдөгү тоголок нанобөлүкчөлөр ачылды (3.9-сүрөт).

Протоникалык $(C_2H_5) OH$ жана $(CH_3)_2CHOH$ висмут менен сурьманын дисперсиясы нанотүтүктөрдү, металлдык висмуттун сфералык нанобөлүкчөлөрүн жана 140 нмге чейинки сурьманы пайда кылды. Этил спиртинде висмут менен сурьма чачыратылганда, нанотүтүктөр пайда болот, бирок висмут нанотүтүктөрү тазаланган сууда алынган висмут - ромбоэдралдык нанотүтүктөрдөн айырмаланып, төмөнкү моноклиникалык сингонияда кристаллдашат. Этанолдон алынган сурьма нано нанотүтүктөрү тазаланган суудан алынган сурьма нано нанотүтүктөрү сыяктуу эле

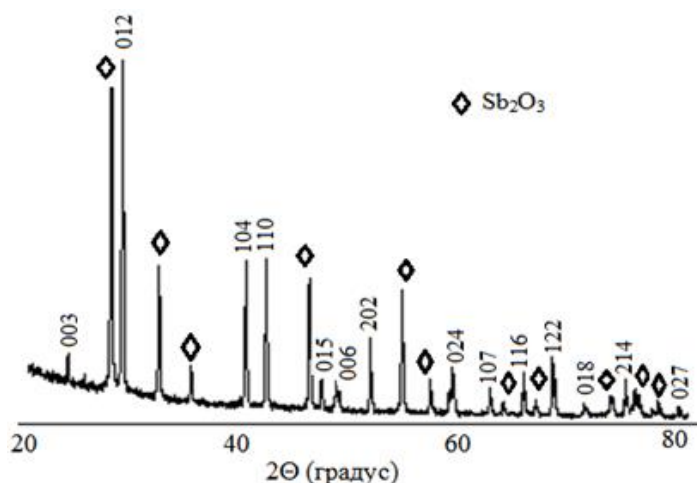
ромбоэдралдык кристаллда кристаллдашат. $(\text{CH}_3)_2\text{CHOH}$ до бул металлдардын ромбоэдрдүү тоголок нанобөлүкчөлөрү пайда болот.

Висмут менен сурьманын катмарлуу структурасы импульстуу плазмада нанотүтүктөрдүн түз синтезин жүргүзүүгө мүмкүндүк берди. Этил спиртин чөйрө катары колдонуу висмут менен сурьманын таза нанотүтүктөрүн синтездөөгө мүмкүндүк берди, ал эми дистирленген сууда нанотүтүктөрдөн тышкары, изилденип жаткан элементтердин оксиддеринин тоголок нанобөлүкчөлөрү пайда болот. Bi жана Sb оксиддеринин сууда таралышы учурунда пайда болушу этил спиртине караганда дисперсиялык чөйрөдө кычкылтектин көбүрөөк болушу менен байланышкан (88, 88%).

3.3 Көп атомдуу спирттердеги (этиленгликол жана глицерин) наноструктуралык сурьма продуктулары.

Заманбап технологиянын интенсивдүү өнүгүп жаткан багыттарынын бири нанотехнологияга негизделген композиттик материалдар. Бөлмө температурасында импульстук плазманын энергиясын пайдаланып, Sb/O нанокompозитин синтездөө үчүн этиленгликолдогу сурьманы дисперсиялык процессти жүргүздүк.

Этиленгликолдогу (эки атомдук спирт - $\text{C}_2\text{H}_4(\text{OH})_2$) сурьма дисперсиялык продуктунун дифракциялык схемасында (3.10-сүрөт) эки фазанын түзүлүшү аныкталган: ромбоэдрдик кристаллдык системадагы металлдык сурьма (PDF картотекасы №85). -1323 , $a = 4,301\text{\AA}$ жана $c = 11,232\text{\AA}$) кристаллдык торлордун параметрлери менен: $a = 4,310\text{\AA}$ жана $c = 11,28\text{\AA}$ жана сурьма оксиди Sb_2O_3 (ромбдор менен белгиленген) кубдук системанын (PDF = №06) (PDF №06). $11,15\text{\AA}$) кристалл торчосунун параметри менен $a = 11,55\text{\AA}$.

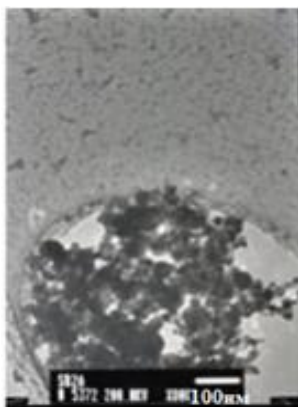


3.10-сүрөт. Этиленгликолдогу сурьманын дисперсиялык продуктунун дифрактограммасы

Дифракциялык линиялардын интенсивдүүлүгү боюнча этиленгликолдогу сурьманын дисперсиялык продуктунун дифракциялык

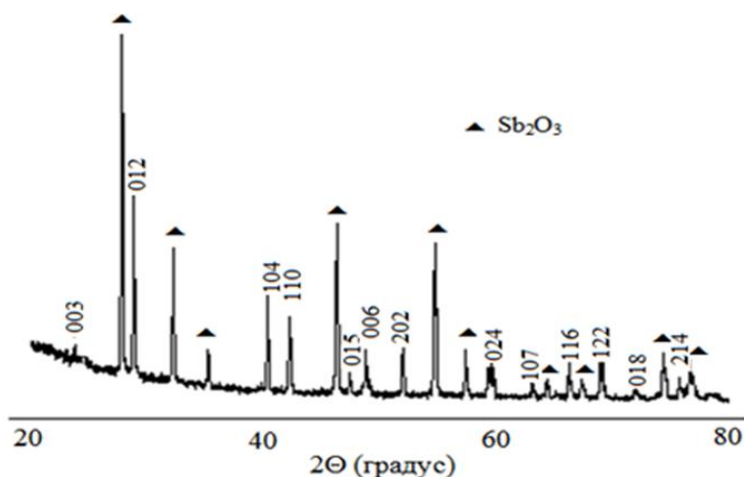
схемасын талдоо металлдык сурманын (83,87%) жана Sb_2O_3 (13,33%) бөлүкчөлөрүнүн пайда болушун аныктоого мүмкүндүк берди.

Этиленгликолдогу сурманын дисперсиялык продуктусун так талдоо үчүн ТЕМ сүрөттөрү (JEOL-200FX) аткарылган. Өлчөмдөрү 10-50 нм болгон $\text{Sb}/\text{Sb}_2\text{O}_3$ курама гомогендүү нанобөлүкчөлөрдү көрүүгө болот (3.11-сүрөт).



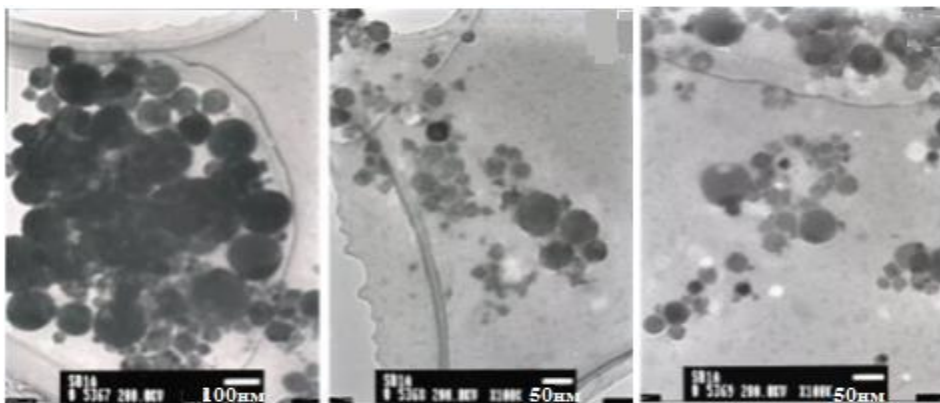
3.11- ПЭМ - Этиленгликолдогу сурманын композиттик нанобөлүкчөлөрүнүн. $\text{Sb}/\text{Sb}_2\text{O}_3$ ПЭМ сүрөттөрү

Глицериндеги (үч атомдуу спирт $\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$) сурманын дисперсиялык продуктунун дифракциялык схемасы (3.12-сүрөт) эки фазанын пайда болушун көрсөтөт: металлдык сурьма (86,17% - ромбоэдрформадагы б-сүрөттө 16-сүрөттөгү микроанализдин жыйынтыгы боюнча). кристаллдык торчо параметрлери менен сингония: $a = 4,311 \text{ \AA}$ жана $c = 11,29 \text{ \AA}$ жана сурьма оксиди (9,17% - 16-сүрөттө микроанализдин натыйжалары боюнча, b Sb_2O_3 куб системасы кристалл торчо параметри менен: $a = 12 \text{ \AA}$ дюйм) металл сурьмасы сурьма оксидине караганда алда канча начар жана тескерисинче сурьманы этиленгликолдо дисперс кылганда, башкача айтканда, глицеринде Sb_2O_3 нанобөлүкчөлөрүнүн интенсивдүү пайда болушу пайда болот.



3.12-сүрөт. - Глицериндеги сурманын дисперсиялык продуктусунун дифрактограммасы

Өлчөмдөрү 10дон 100 нмге чейинки $\text{Sb}/\text{Sb}_2\text{O}_3$ композиттик сфералык нанобөлүкчөлөрү глицериндеги сурьма дисперсиялык продуктунун ТЕМ сүрөтүндө көрсөтүлгөн (3.13-сүрөт).



3.13 –Глицериндеги сурьманын сфералык композиттик нанобөлүкчөлөрүнүн ПЭМ сүрөтү

Ошентип, сурьманы эки (этиленгликоль) жана үч (глицерин) атомдук спирттерге чачканда эки фаза пайда болот: металл (ромбоэдрдик) сурьма жана куб сурьма оксиди - $\text{Sb/Sb}_2\text{O}_3$ композиттик сфералык нанобөлүкчөлөрүнүн өлчөмү 10дон 100нмге чейин. Бул маалыматтар авторлордун изилдөөлөрү менен тастыкталат [Zeng D.W. ж.б., 2004], аралаш гибридик индукция жана лазердик жылытуу (HILH) ыкмасын колдонуу менен диаметри ~80 нм окшош сфералык $\text{Sb/Sb}_2\text{O}_3$ курама нанобөлүкчөлөрүн синтездеген. Ар кандай суюктуктарда пайда болгон импульстук плазманын энергиясын пайдалануу менен курамдуу сурьма нанобөлүкчөлөрүн синтездөө үчүн сунушталган ыкма жөнөкөй, бир баскычтуу, эффективдүү жана энергияны үнөмдүү.

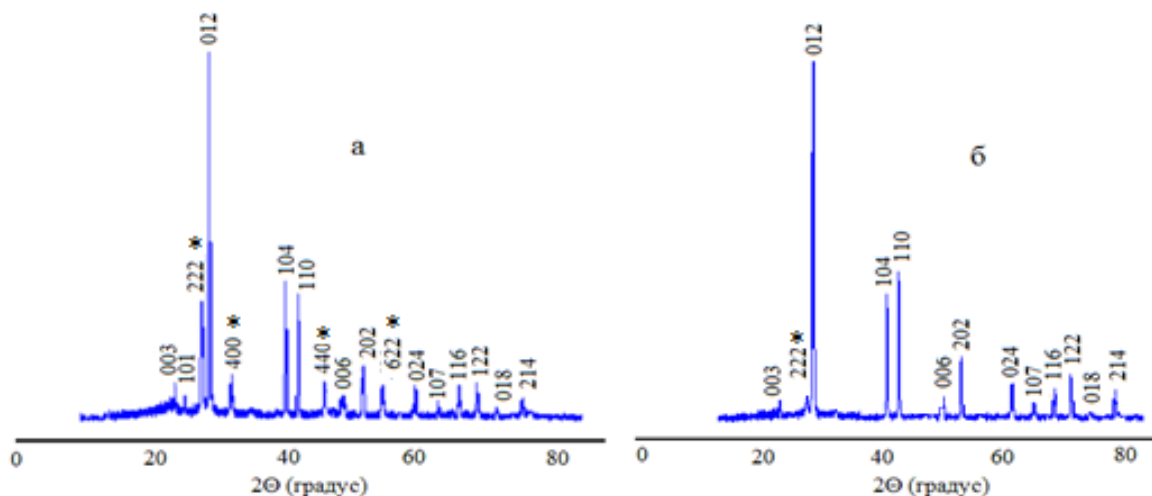
3.4. Сурьма менен висмуттун апротикалык ДМФА жана ДМСОдо таралышы

Апротикалык эриткич - бул молекулалары диссоциацияланганда H^+ түзүүгө жөндөмсүз болгон эриткич. Полярдык апротикалык эриткич иондорду эритүү жөндөмүн сактап калат, бирок кислоталуу суутекти камтыбайт. Алар, адатта, жогорку диэлектрдик туруктуу жана жогорку полярдуулукка ээ. Мисалдар: диметилсульфоксид, диметилформамид, диоксан, НМРТА, тетрагидрофуран.

Полимердик стабилизаторлор - ПВП жана ПЭГ үчүн эриткичтер катары күмүш нанобөлүкчөлөрүн алуу үчүн апротондук ДМФА ($(\text{CH}_3)_2\text{NC}(\text{O})\text{H}$) жана ДМСО ($\text{C}_2\text{H}_6\text{SO}$) колдонулган [Шмаков С.Н., 2009]. Изилдөөнүн жыйынтыгы боюнча, автор ДМСО бар болгондо, тоголок күмүш нанобөлүкчөлөр AgAc тан пайда болорун, андан кийин ДМФАда - кырдуу күмүш нанобөлүкчөлөрү, б.а. нанобөлүкчөлөрдүн морфологиясы нанобөлүкчөлөрдүн редукциясы ишке ашкан чөйрөнүн мүнөзүнө жараша болот.

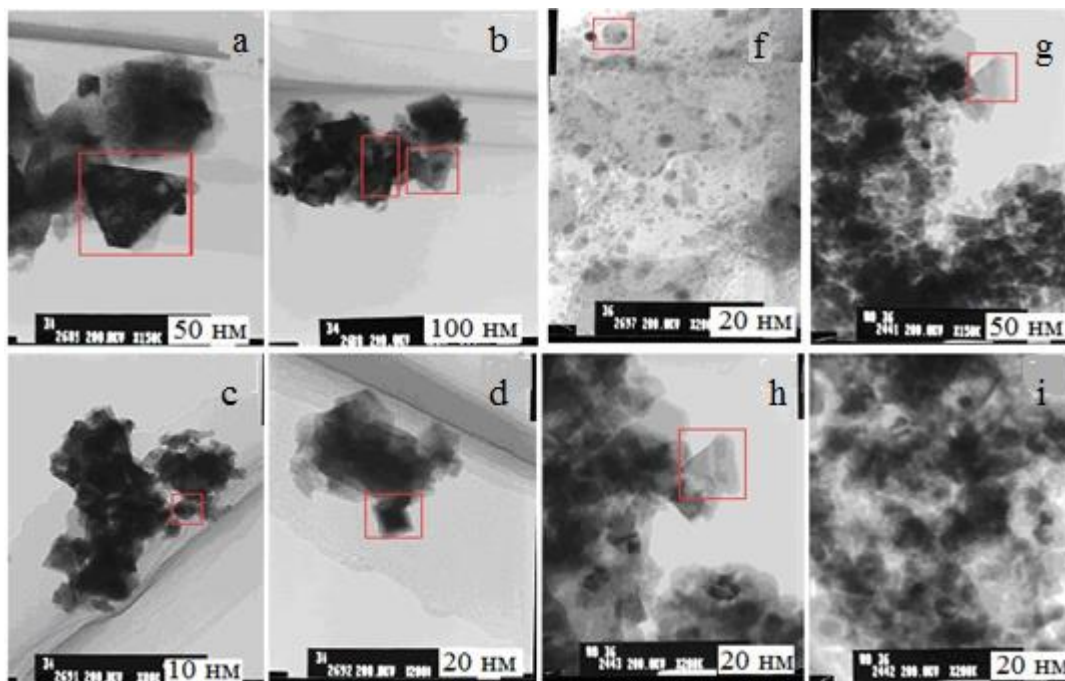
Биз диметилсульфоксидди жана N,N'-диметилформамидди сурьманын жана висмуттун импульстук плазманын энергиясын пайдалануу менен

ДМСО же ДМФА да– 0,05 Дж. энергияда орноштурулган висмуддан же сурьмадан түзүлгөн эки электроддо наноструктуралануусу үчүн дисперсиялык чөйрө катары пайдаланууну сунуштайбыз. .



3.14-сүрөт. ДМСО (а) жана ДМФА (b) чөйрөдөгү сурьманын дисперсиялык продуктунун дифрактограммасы

ПЭМ ди колдонуу менен жасалган электрондук-микроскопиялык изилдөөнүн жыйынтыгы ДМСОдо (сүрөт- 3.15, а-d) жана ДМФАда (сүрөт- 3.15, f-i) сурьманы диспергирлөөдө көп грандуу ар түрдүү өлчөмдөгү нанобөлүкчөлөрдүн пайда болгондугун көрсөттү

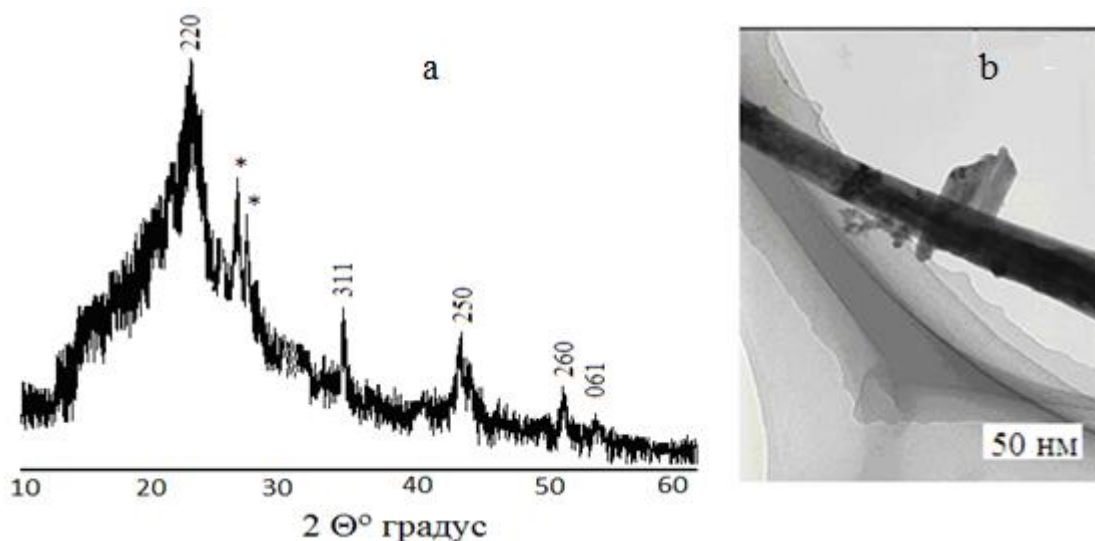


3.15 –сүрөт. ДМСО(a,b,c,d) до жана ДМФА (f,g,h,i)да наноструктурланган сурьманын ПЭМ сүрөтү

Гранулометрикалык анализдин жыйынтыгы сурьманы ДМСОдо диспергирлөөдө 31,6 нм ден 48,7 нмге чейинки өлчөмдөгү сурьманын нанобөлүкчөлөрүнүн 27,7 %, ал эми 1000 нм өлчөмдөгү сурьманын нанобөлүкчөлөрүнүн - 72,3 % пайда болгондугун аныктады.

Металлдык сурьманы ДМФА чөйрөсүндө диспергирлөө продуктысы: 25 тен 100 нмге чейинки өлчөмдөгү сурьманын нанобөлүкчөлөрүнүн 61,7 %, 115 тен 649 нмге чейинки өлчөмдөгү сурьманын нанобөлүкчөлөрүнүн 28,6 %ды жана - 1000 нм. өлчөмдөгү сурьманын нанобөлүкчөлөрүнүн 9,8 %ды түзөрүн көрсөттү.

Изилдөөчүлөр [Lou W. et al., 2007; Ye C. et al. 2002; Данилчик Л.Н. ж.б., 2005] солвотермикалык ыкма менен висмут сульфидинин нанозымдарын жана наностержиндерин алышкан. Bi_2S_3 орторомбдук системада кристаллдашат. Бул сыяктуу нанотүзүлүштүн калыптануу мүмкүнчүлүгү висмутту ДМСОдо наноструктурлоодо каралган. ДМСО $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ түзүлгөн импульстуу плазмадагы висмуттун дисперсиясынын продуктусунун дифракциялык схемасында (3.15, а-сүрөт) Bi_2S_3 жана $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ табылган. Bi_2S_3 орторомбдук системада (мейкиндик топ Pbnm) кристаллдык торчо параметрлери менен кристаллдашат: $a=1,106$ нм, $b=1,137$ нм, $c=0,397$ нм, бул JCPDS карт индексинин №02-файлынын маалыматтары менен дал келет (№ 17-а). $a=1,114$ нм, $b=1,130$ нм, $c=0,398$ нм) жана моноклиникалык $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ жылдызчалар менен белгиленген эки кыйла интенсивдүү чагылдыруу сызыгы менен мүнөздөлөт.

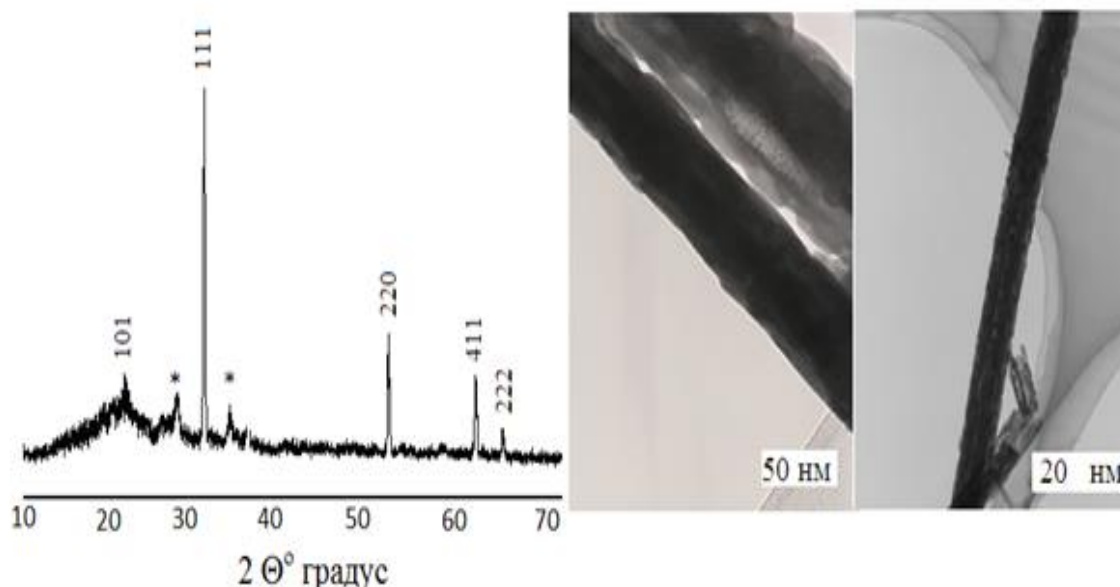


3.16-сүрөт. ДМСОдогу висмуттун дисперсиялык продуктусунун дифрактограммасы жана ПЭМ сүрөтү

Жогорку мүмкүнчүлүктөгү жарыкты чагылдырып берүүчү электрондук микроскопто (JEOL-200 FX) жасалган электрондук микроскопиялык изилдөөлөр диаметри 20 - 25 нм жана узундугу 500 - 1000 нм болгон висмут сульфиддик нанотүтүкчөлөрүнүн (3.15, б-сүрөттү караңыз) бар экендигин

көрсөттү. Энергетикалык дисперсиялык анализдин жыйынтыгы боюнча ДМСОдогу висмуттун дисперсиялык продуктусу 92,8% Bi_2S_3 нанотүтүкчөлөрүнөн турат.

Висмуттун ДМФА ($\text{C}_3\text{H}_7\text{ON}$) дисперсиясынын продуктусунун дифракциялык схемасында кристаллдык торчо параметрлери менен моноклиникалык системада (мейкиндик топ $\text{P}2_1/\text{m}$) кристаллдашкан металл висмуттун чагылуу сызыктары табылган (3.16-сүрөт, сол): $a = 0,655 \text{ нм}$, $b = 0,418 \text{ нм}$, $c = 0,445 \text{ нм}$ жана $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ моноклиникалык системасына (мейкиндик топ $\text{P}2_1/\text{c}$ (14)) таандык эки линия, жылдызча менен белгиленген. ВР-ТЕМ сүрөттөрү диаметри 80 - 160 нм жана узундугу 1 мкм чейин болгон моноклиникалык системанын металл висмутунун нанотүтүкчөлөрүнүн (3.17-сүрөт, оң жагын караңыз) бар экендигин көрсөттү.



3.17-сүрөт. ДМФАда алынган металлдык висмуттун нанотүтүкчөлөрүнүн дифрактограммасы жана ПЭМ ВР сүрөтү

Ошентип, висмут $(\text{CH}_3)_2\text{SO}$ жана $\text{C}_3\text{H}_7\text{ON}$ ичиндеги импульстуу плазмада чачырап кеткенде, ДМФАдагы моноклиникалык системанын металлдык висмутунун нанотүтүктөрү жана ДМСОдогу орторомбиялык системанын висмут сульфиди пайда болот. Висмуттун катмарлуу структурасы бизге импульстуу плазмада висмутка негизделген нанотүтүктөрдү түз синтездөөнү жүргүзүүгө мүмкүндүк берди.

Табиятта висмут негизинен висмутин (Bi_2S_3) түрүндө кездешет, анткени бул металлдын күкүрткө болгон жакындыгы жогору. Импульстук плазма табиятта болуп жаткан процесстерге өзүнүн касиеттерине жакындайт, б.а. висмут күкүрт менен кычкылтекте камтыган ДМСОдо таркатылганда, висмут сульфидинин пайда болушуна артыкчылык берилет. Табигый висмут (III) сульфид (висмутин) ромбдук системанын күрөң-кара кристаллдарын,

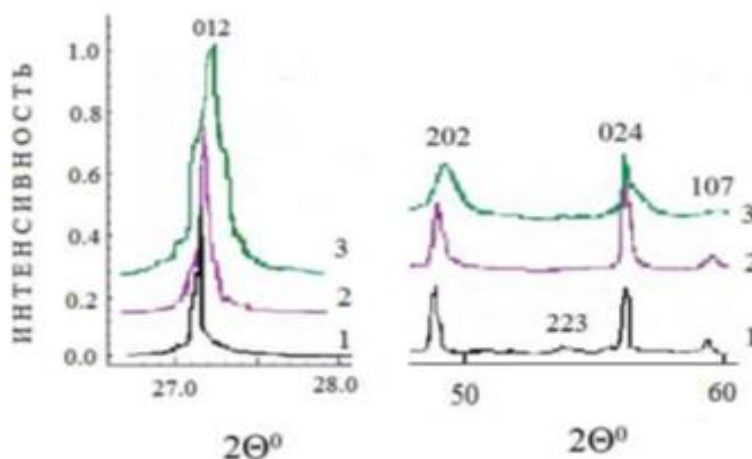
мейкиндик- $Pbmn$ тобун, клетканын параметрлери $a = 1.113$ нм, $b = 1.127$ нм, $c = 0.397$ нм, $Z = 4$ түзөт. " $a = 1.114$. Импульстуу плазмадан орторомбикалык Bi_2S_3 кристаллдык торчосунун параметрлери $a = 1.106$ нм, $b = 1.137$ нм, $c = 0.397$ нм висмутиндин кристаллографиялык параметрлери менен дал келет, бирок табигый Bi_2S_3 нанотүтүктөр түрүндө болбойт, б.а. импульстуу плазмада пайда болгон өзгөчө нанотехнологиялык шарттар висмут наноструктураларын түзүү үчүн зарыл.

3.5 - Висмут-сурьма нанокуймалары

Sb сурьмага негизделген наноккомпозитти алуу мүмкүнчүлүгү боюнча жогоруда алынган маалыматтар, массалык термоэлектриктерге салыштырмалуу жакшыртылган нанодомендик термоэлектрдик эритмелерди түзүү үчүн наноструктуралуу висмутка негизделген эритмелердин келечегин берет.

Биз термоэлектрдик нано эритмелерди алуу үчүн $Bi_{1-x}Sb_x$ эритмелеринин наноструктурасына бензолдо түзүлгөн импульстуу плазманын таасиринин эффективдүүлүгүн көрсөттүк. Бир импульс энергиясында $0,05$ Дж болгон $Bi_{0,9}Sb_{0,1}$, $Bi_{0,8}Sb_{0,2}$ эритмелеринин таралышынын натыйжасында $10-15$ нм өлчөмдөгү нанобөлүкчөлөр синтезделди, бул башка изилдөөчүлөр тарабынан борогидрид ыкмасы менен синтезделген нанокристаллдарга караганда 2 эсе кичине. Импульстуу плазмада висмуттун жана анын байытылган эритмелеринин наноструктурасы сурьмага жана анын байытылган эритмелерине караганда эффективдүү [Голин С. ж.б., 1968].

ИПЖда висмут-сурьма эритмелеринин энергетикалык каныктырылышы $Bi-Sb$ эритмелеринен жасалган электроддорго ИПЖ дин бирдиктүү импульсунун аракетин менен жетишилет.

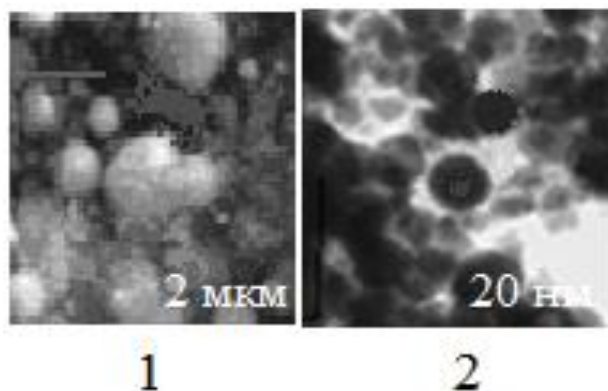


3.18-сүрөт – куймаларды дисперциялоонун X-ray продукты: 012 чагылуу сызыгы; чагылуу линиялары 202, 223, 024 жана 107

Алынган дисперсиялардын дифракциялык моделдерин анализдөө (3.18-сүрөт) импульстуу плазмада ромбоэдралдык кристаллдык торчосу бар $Bi_{0,9}$

$\text{Sb}_{0.1}$, $\text{Bi}_{0.8}$ $\text{Sb}_{0.2}$ эритмелеринин нанокристаллдары пайда болгон деген тыянак чыгарууга мүмкүндүк берди.

Нанокристаллдардын өлчөмдөрү 202, 024 линияларынын жарым кеңдигинин жардамы менен эсептелди. $\text{Bi}_{0.9}$ $\text{Sb}_{0.1}$, $\text{Bi}_{0.8}$ $\text{Sb}_{0.2}$ эритмелеринин дисперсиясы аркылуу алынган нанокристаллдардын орточо өлчөмү 10-15 нм, бул. борогидрид ыкмасы менен синтезделген нанокристаллдардан 2 эсе аз [Гопинатан К.К жана башкалар, 1974].



3.19 - сүрөт Бензол нанобөлүкчөлөрүнүн ПЭМ -сүрөттөрү: 1. $\text{Bi}_{0.5}\text{Sb}_{0.5}$; 2. $\text{Bi}_{0.9}\text{Sb}_{0.1}$

Бул диссертациянын автору сунуштаган $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ эритмелерин бир этапта энергия менен каныктыруу ыкмасы аткаруунун жөнөкөйлүгү, эффективдүүлүгү жана пайда болгон нанобөлүкчөлөрдү калыбына келтиргичтердин компоненттери же реактордун материалы менен булганышына жол бербөө жөндөмдүүлүгү менен айырмаланат. ИПЖдан жасалган дисперсиялардын композициялык көзөмөлү эритмелердин курамы аркылуу оңой эле ишке ашырылат. ИПЖны колдонуу женил эрип кетүүчү куймаларды колдонуу менен эритилүүчү висмутка негизделген нанобөлүкчөлөрдү таркатууга мүмкүндүк берет.

3.6.Бифидобактерияга каршы висмут нано-эритмесинин сезгичтиги

Патогендик бактериялардын азыркы учурда иштелип чыккан антибиотиктерге каршылыгы бул маселени заманбап медицинада чечүүнү талап кылат. Көбүнчө антибиотиктерге туруктуулук *Mycobacterium tuberculosis*, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus epidermidis* жана *Klebsiella pneumoniae* тарабынан көрсөтүлөт, алар дагы ооруканадагы инфекциялардын 60% дан ашыгынын себеби болуп саналат.

Микроорганизмдер антибиотиктерге каршылык көрсөтүүнүн бир нече механизмдерин иштеп чыгышты, эң коркунучтуусу - экзополисахарид биофильминин пайда болушу (EPS). Биопленка ишенимдүү түрдө бактерияларды коргоочунун(кожоюндун) иммундук системасынан коргойт. Антибиотиктердин өтө жогорку концентрациясы да биопленкадагы

микроорганизмдерди өлтүрбөйт. Планктоникалык клеткалардан 1000 эсе микробго каршы каражат керек.

Биопленкаларды жеңүүнүн эң келечектүү ыкмаларынын бири - нанобөлүкчөлөрдү колдонуу, алар наноөлчөмүнөн улам биопленкага оңой эле кирип кетет.

Висмут нанобөлүкчөлөрү 1 ммден төмөн концентрацияда бактериялардын өсүшүнө тоскоол болот. Висмут камтыган нанобөлүкчөлөр рентген иштетүү менен бирге дарыга туруктуу бактерияларды өлтүрүүгө жөндөмдүү болушат.

Нано-эритме дистирленген сууда жаратылган импульстуу плазмада металлдык висмуттун наноструктурасынын продуктусунан даярдалган.

Сыноо культураны(тест-культура) катары айран - бифидобактериядан бөлүнгөн микроорганизмдер колдонулган.

Суюлтуу 1% Bi : 1:10, 1: 100, 1: 1000, 1: 10000, 1: 100000 концентрациясы менен висмут наноэритмесинен даярдалган.

Изилденген препараттын минималдуу бактерициддүү концентрациясы акыркы пробиркада суюлтуу деп эсептелген, мында микроорганизмдин визуалдык өсүшү болгон эмес - 10-3% Bi .

Изилдөөнүн натыйжасында, висмут наноэритмеси изилденген тест-культуранына карата бактериостатикалык жана бактерициддүү иш - аракеттерди жасаары аныкталган.

Белгилей кетүүчү нерсе, бөлүкчөлөрдүн физикалык жана химиялык активдүүлүгү 10дон 1нмге чейин кескин түрдө өзгөрөт, анткени жер үстүндөгү күчтөрдүн аракети заттын беш же алты атомдук катмарына терең кирип кетет. Өлчөмү 10дон 1 нмге чейин бул күчтөр бөлүкчөнүн бардык атомдоруна таасир этет, бул анын массалык денелерге (металлдарга) салыштырмалуу кескин өзгөрүүсүн түшүндүрөт. Нанобөлүкчөлөрдүн биологиялык активдүүлүгү астында илимпоздор биринчи кезекте антибактериалдык, вируска каршы таасирлерди билдирет.

Салыштыруу үчүн эксперимент күмүштүн наноэритмесин жана *Bifidobacterium* ду пайдалануу менен жүргүзүлгөн. Эксперименттин жыйынтыктары күмүш нанобөлүкчөлөрүнүн эң күчтүү бактерициддик активдүүлүккө ээ экенин көрсөттү. Бифидумбактериялар үчүн күмүш нанобөлүкчөлөрүнүн минималдуу ингибитордук концентрациясы 0.0001 салмак. %, висмут нанобөлүкчөлөрүнүн минималдуу ингибитордук концентрациясы 0,003 wt. % Bi . Nanosilver бифидумбактерияларга каршы висмут нанобөлүкчөлөрүнүн бактерициддик активдүүлүгүнөн жүздөгөн эсе жогору, бирок висмут нанобөлүкчөлөрү ашказан менен ичегилердин жараларын дарылоодо нанобелгилерди түзүүнүн негизги прекурсорлору болуп калышы мүмкүн. Висмут оор металлдарга таандык, бирок ал жана анын бирикмелери бир аз уулуу, анткени алар нейтралдуу суу эритмелеринде жана биологиялык суюктуктарда эрибейт жана өтө төмөн биожеткиликтүүлүккө ээ. Аз эригичтигинен улам висмут жана анын кошулмалары канга дээрлик сиңбейт, ошондуктан алар ашказан -ичеги

жолунда максималдуу эффект көрсөтүшөт [Chande N. et al., 2017; Тахир С.Кафил жана башкалар.2017; Москалев А.В. жана башкалар., 2016].

Эгерде биз висмут наноструктураларынын бактерициддик активдүүлүгү жөнүндө айта турган болсок, ичеги-карын инфекцияларын дарылоодо висмут нанопрепараттарын туура колдонуу үчүн биринчи жолу висмут нано-эритмесинин бифидобактерияга (*Bifidobacterium*) болгон сезгичтиги изилденгенин баса белгилөө керек.

ДИССЕРТАЦИЯ БОЮНЧА КОРУТУНДУ

1. Висмутту жана сурьманы наноструктурилоо протондук жана апротондук чөйрөлөрдө: сууда, этил, изопропил спиртинде, ДМСО, ДМФАда жүргүзүлдү. РФА, электрондук микроскопиялык, гранулометрикалык анализди колдонуу менен алынган продуктынын фазалык составы, түзүлүшү, морфологиясы үйрөнүлдү. .

2. Протондук суюк чөйрөдө негизинен металлдык наноструктуранын калыптанышы жүрө тургандыгы, сууда, этил спиртинде Bi жана Sb нын нанотүтүкчөлөрү, изопропил спиртинде Bi жана Sb нын шар формасындагы нанобөлүкчөлөрү калыптанышы жүрө тургандыгы аныкталды. Протондук чөйрөдө висмуттун жана сурьманын металлдык нанотүтүкчөлөрүнүн жана нанобөлүкчөлөрүнүн калыптанышы с уутектик калыбына келтиргич чөйрөнүн болушу менен шартталган. Сурьманын жана висмуттун металлдык нанотүтүкчөлөрүнүн калыптанышы бул элементтердин графит сыяктуу структурасынын негизинде ишке ашырылат.

3. Суутектик калыбына келтиргичтик атмосфера жок болгон апротондук ДМСО и ДМФА чөйрөдө төмөндөгүдөй мүнөздөгү картина болот:

- Bi диметилсульфоксидде ромб сыяктуу нанотүтүктөрдү Bi_2S_3 жана бираз санда сфералык моноклиникалык $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ нанобөлүкчөлөрүнүн пайда болушу менен, ал эми сууда дисперсия $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ издери болот, б.а. апротондук диметилсульфоксидде кычкылдандыруучу чөйрө (күкүрт жана кычкылтек) басымдуулук кылат.

- Bi диметилформамидде моноклиникалык нанотүтүктөрүн жана $\alpha\text{-Bi}_2\text{O}_3$ моноклиникалык системасын түзөт.

4. Сурьма протондук эки - (этиленгликоль) жана үч - (глицерин) атомдуу спирттерге тараганда, өлчөмү 10дон 100 нмге чейин болгон сфералык нанобөлүкчөлөрү - $\text{Sb/Sb}_2\text{O}_3$ пайда болот. Алынган нанокөмпозитти электр энергиясын сактоочу батареялардын жаңы муунун түзүү үчүн прекурсор катары колдонсо болот.

5. Бул курамдын массалык эритмесин бензолдо дисперциялоо жолу менен $\text{Bi}_{0.9}\text{Sb}_{0.1}$ нанокуймасын алуу технологиясы сунушталган. Висмут менен байытылган висмут-сурьма нанокуймасы ядролук реакторлордо термоэлектр эритмеси катары колдонулушу керек.

6. Ашказан-ичеги инфекцияларын дарылоодо висмут негизиндеги нанопрепараттарды туура колдонуу максатында биринчи жолу ИПЖ нановисмутунун *Bifidobacterium*га каршы бактерициддик активдүүлүгү изилденди.

**ДИССЕРТАЦИЯНЫН ТЕМАСЫ БОЮНЧА ЖАРЫЯЛАНГАН
ЭМГЕКТЕРДИН ТИЗМЕСИ:**

1. Наночастицы сурьмы из импульсной плазмы в ДМСО и ДМФА. [Текст]: [Маткасымова А.А., Маметова А.С., Сатиев М.О. и др.] // Известия НАН КР, 2011. – № 4. – С.162-165. <https://elibrary.ru/item.asp?id=27398104>
2. Самоорганизация наночастиц серебра в импульсной плазме в жидкости [Текст] / [Маметова А. С., Сатиев М. О., Гаффорова Х. И. и др.] // Изв. Нац. АН Кырг. Респ. – 2012. – № 1. – С. 120-124
<https://elibrary.ru/item.asp?id=42873865>
3. Нанотехнологии в Кыргызстане [Текст] / Маткасымова А. А., Сырымбекова Э. И., Маметова А. С. и др.]. // Наука и новые технологии. – 2013. – № 4. – С.119-130. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25081506>
4. Наноструктуры висмута и сурьмы, полученные в одноатомных спиртах. [Текст]: Маткасымова А., Сатиев М., Сулайманкулова С. // European applied sciences, Section 3. Chemistry, 2013. – P. 87-89.
<http://elib.cspu.ru/xmlui/bitstream/handle/123456789/497/%20.pdf?sequence=1>
5. **Сатиев, М.О.** Нанотрубки висмута из ДМСО и ДМФА. //Известия НАН РК. Серия Химии и технологии, 2013. – № 1. – С.12-15
<http://nbilib.library.kz/elib/library.kz/>
6. **Сатиев, М.О.** Sb/Sb₂O₃ композитные наночастицы, синтезированные в многоатомных спиртах. //ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ, 2014. – № 5. – С. 82-85.
<https://elibrary.ru/item.asp?id=25113139>
7. Sensitivity of bismuth nano-solution to diplococcussepticus and bifidobacteria [Текст]: / [Syrymbekova E.I., Satiev M.O., Sulaimankulova S.K. and oth.] // Modern Science. 2017. – № 11. – С. 18-21.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32357746>
8. Nanostructuring of a solid in a low-voltage pulsed plasma. [Текст]: / [Syrymbekova E.I., Satiev M.O., Sulaimankulova S.K. and oth.] // Modern Science. 2017. – № 10. – С. 15-22.
<https://www.elibrary.ru/item.asp?id=305611151>
9. Бактерицидная активность металлических наночастиц [Текст] / [Сырымбекова Э.И., Сатиев М.О., Кудайбергенова Д.С. and oth.] // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – № 4. – Б., 2020. – С.121-126. <https://elibrary.ru/item.asp?id=45543737>

10. **Сатиев, М.О.** Диспергирование сплавов $Bi_{1-x}Sb_x$ в импульсной плазме в жидкости с целью получения термоэлектрических материалов. [Текст]: Сатиев М.Д., Сырымбекова Э. // НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ, 2020. – № 2. – С. 60-65. <http://journal.vak.kg/category/god-2020/2-kvartal-god-2020>.

Сатиев Мирланбек Орозалиевичтин "Висмут жана сурьманын негизинде наноматериалдарды суу жана органикалык чөйрөдө алуу" деген темада темада 05.16.08 - нанотехнология. Наноструктуралык материалдар адистиги боюнча химия илимдеринин кандидаты илимий даражасын изденип алуу үчүн жазылган диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Ачкыч сөздөр: висмут, сурьма, синергетика, нанотрубкалар, нанобөлүкчөлөр, протон жана апротикалык чөйрөлөрдөгү импульстук плазма, микроорганизмдерге сезгичтик, термоэлектрдик наносплав.

Изилдөө объектиси: висмут менен сурьманын жана алардын эритмелеринин ар кандай суюк чөйрөлөрдө пайда болгон импульстук плазмадан алынган наноструктуралары.

Изилдөө темасы: импульстук плазмадан алынган висмут жана сурьма наноструктуралары.

Изилдөөнүн максаты жана милдеттери: висмут жана сурьма наноструктураларын сууда пайда болгон импульстук плазманы, бир жана полиатомдук спирттерди, ДМФО (диметилформамид) жана ДМСО (диметилсульфоксид) колдонуп синтездөө.

Изилдөө милдеттери:

- Висмутту жана сурьманы сууда, этил спиртинде, изопропил спиртинде, этиленгликолдо, глицеринде жана ДМФА- диметилформидде, ДМСО- диметилсульфоксидде наноструктурилөө. Sb/Sb_2O_3 нанокомпозитин алуу, термоэлектрдик нанокуймаларды алуу максатында $Bi-Sb$ нын куймаларын диспергирлөө.
- Висмуттун, сурьманын, висмут-сурьма эритмелеринин нано түзүмдөштүрүү продуктуларынын фазалык курамына физикалык-химиялык салыштырма анализди РФ (рентгенофазиялык анализ), ПЭМ (өткөрүүчү электрондук микроскопия), СЭМ (сканерлөөчү электрондук микроскопия) колдонуу менен жүргүзүү.
- Импульстук плазмада алынган нановисмуттун бактерициддик активдүүлүгүн изилдөө.

Изилдөө методдору жана аппаратура: рентгенофазовый талдоо (X-ray) карата дифрактометре Rigaku RINT 2500, сканирующая электрондук микроскопия (SEM) карата сканирующем электрондук микроскопе JEOL JSM-6490LA, просвечивающая электрондук микроскопия жогорку уруксаты TEM (Transmission electron microscope) электрондук микроскопе маркасындагы JEOL-200 FX, гранулометрический талдоо жүргүзүлдү менен

пайдалануу аппаратынын Beckman Coulter, N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer. Висмут менен сурьманын наноструктуралары суюк чөйрөгө батырылган тиешелүү металлдын эки электродунун ортосунда пайда болгон импульстук плазмада металл маалыматтарын чачуу менен жүргүзүлдү.

Алынган натыйжалардын илимий жаңылыгы. Биринчи жолу дисперсиялык чөйрөнүн мүнөзүнө жараша висмут, сурьма жана алардын эритмелеринин наноструктуралоо продуктуларынын фазалык курамына талдоо жүргүзүлдү. Висмут жана сурьма негизиндеги металл, сульфид, оксид нанотрубалары жана нанобөлүкчөлөр менен катар, келечектүү термоэлектрдик материалдар үчүн нанокуймалар синтезделип, нановисмуттун *Bifidobacteriumga* сезгичтиги изилденген.

Колдонуу боюнча сунуштар. Изилдөөнүн натыйжалары наноматериалдарды алуу максатында импульстук плазмада сурьма жана висмут наноструктураларын өзүн-өзү уюштуруу технологияларын иштеп чыгуу үчүн колдонулушу мүмкүн. Висмут наноструктуралары ушул металлдын массалык кошулмаларына салыштырмалуу висмуттун курамы азыраак болгон дары-дармектерди иштеп чыгууга жардам берет. Нановисмуттун *Bifidobacteriumga* сезгичтигин изилдөөнүн натыйжалары медицинанын негизги "зыян келтирбе" принцибин бузбоо үчүн маанилүү. Висмут дары-дармектерин жумшак дарылоо технологиясын иштеп чыгуу, мисалы, ашказан жарасынын жана ашказан менен ичке ичегинин рак шишиктеринин себеби болгон.

РЕЗЮМЕ

диссертации Сатиева Мирланбека Орозалиевича «Получение наноструктур на основе висмута и сурьмы в водной и органических средах» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 05.16.08 - нанотехнологии. Наноструктурные материалы.

Ключевые слова: висмут, сурьма, синергетика, нанотрубки, наночастицы, импульсная плазма в протонных и апротонных средах, чувствительность к микроорганизмам, термоэлектрический наносплав.

Объект исследования: наноструктурирование висмута и сурьмы и их сплавов в импульсной плазме, создаваемой в различных жидких средах.

Предмет исследования: наноструктуры висмута и сурьмы из импульсной плазмы.

Цель исследования: Синтез наноструктур висмута и сурьмы с использованием импульсной плазмы, создаваемой в водной и органических средах.

Задачи исследования:

- Наноструктурировать висмут, сурьму в воде, этиловом, изопропиловом спиртах, этиленгликоле, глицерине и ДМФА – диметилфосфорамиде, ДМСО – диметилсульфоксиде. Получить наноккомпозит $\text{Sb/Sb}_2\text{O}_3$, диспергировать сплавы Bi-Sb с целью получения термоэлектрических наносплавов.

- Провести физико-химический сравнительный анализ фазового состава продуктов наноструктурирования висмута, сурьмы, сплавов висмут-сурьма с использованием РФА (рентгенофазовый анализ), ПЭМ (просвечивающая электронная микроскопия), СЭМ (сканирующая электронная микроскопия).
- Изучить бактерицидную активность нановисмута из ИПЖ по отношению к *Bifidobacterium*.

Методы исследования и аппаратура: рентгенофазовый анализ (X-ray) на дифрактометре Rigaku RINT 2500, сканирующая электронная микроскопия (SEM) на сканирующем электронном микроскопе JEOL JSM-6490LA, просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения TEM (Transmission electron microscope) на электронном микроскопе марки JEOL-200 FX, гранулометрический анализ был проведен с использованием аппарата Beckman Coulter, N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer. Наноструктурирование висмута и сурьмы осуществлялось диспергированием данных металлов в импульсной плазме, создаваемой между двумя электродами из соответствующего металла, погруженными в жидкую среду.

Научная новизна полученных результатов. Впервые проведен анализ фазового состава продуктов наноструктурирования висмута, сурьмы и их сплавов в зависимости от природы дисперсионной среды. Наряду с металлическими, сульфидными, оксидными нанотрубками и наночастицами на основе висмута и сурьмы, синтезированы наносплавы $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ – перспективные термоэлектрические материалы, изучена чувствительность нановисмута к *Bifidobacterium*.

Рекомендации по использованию. Результаты исследований могут быть использованы для направленной разработки технологий самоорганизации наноструктур сурьмы и висмута в импульсной плазме с целью получения наноматериалов. Наноструктуры висмута помогут разработать более действенные лекарственные препараты с гораздо меньшим содержанием висмута в сравнении с массивными соединениями этого металла. Результаты исследования чувствительности нановисмута к *Bifidobacterium*, важны для того, чтобы не нарушить основополагающий принцип медицины: «Не навреди» и разработать щадящую технологию лечения препаратами висмута, например, от *Helicobacter pylori*, который является причиной язвы желудка и раковых опухолей желудка и тонкой кишки.

SUMMARY

of the dissertation of Satiev Mirlanbek Orozalievich "Obtaining nanostructures based on bismuth and antimony in water-organic media" for the degree of Candidate of Chemical Sciences in the specialty 05.16.08 - Nanotechnology. Nanostructured materials.

Keywords: bismuth, antimony, synergetics, nanotubes, nanoparticles, pulsed plasma in proton and aproton media, sensitivity to microorganisms, thermoelectric nanoalloy.

Object of research: nanostructuring of bismuth and antimony and their alloys in pulsed plasma created in various liquid media.

Subject of research: nanostructures of bismuth and antimony from pulsed plasma.

The purpose and objectives of the study: Synthesis of bismuth and antimony nanostructures using pulsed plasma created in water, monoatomic and polyatomic alcohols, DMFO (dimethylformamide) and DMSO (dimethyl sulfoxide).

Research objectives:

- Nanostructure bismuth, antimony in water, ethyl, isopropyl alcohols, ethylene glycol, glycerin and DMFA – dimethylformamide, DMSO – dimethyl sulfoxide. To disperse Bi-Sb alloys in order to obtain thermoelectric nanoalloys.
- Conduct a physicochemical comparative analysis of the phase composition of the nanostructuring products of bismuth, antimony, bismuth-antimony alloys using X-ray diffraction (X-ray phase analysis), TEM (transmission electron microscopy), SEM (scanning electron microscopy).
- To study the bactericidal activity of nanobismuth from IPJ in relation to Bifidobacterium.

Research methods and equipment: X-ray phase analysis (X-ray) on a Rigaku RINT 2500 diffractometer, scanning electron microscopy (SEM) on a JEOL JSM-6490LA scanning electron microscope, high-resolution transmission electron microscopy TEM (Transmission electron microscope) Using a JEOL-200 FX electron microscope, granulometric analysis was performed using a Beckman Coulter, N4 Plus Submicron Particle Size Analyzer. Nanostructuring of bismuth and antimony was carried out by dispersing these metals in a pulsed plasma created between two electrodes of the corresponding metal immersed in a liquid medium.

Scientific novelty of the results obtained. The phase composition of the nanostructuring products of bismuth, antimony and their alloys depending on the nature of the dispersion medium is analyzed for the first time. Along with metallic, sulfide, oxide nanotubes and nanoparticles based on bismuth and antimony, $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ nanoalloys – promising thermoelectric materials - were synthesized, the sensitivity of nanobismuth to Bifidobacterium was studied.

Recommendations for use. The research results can be used for the targeted development of technologies for the self-organization of antimony and bismuth nanostructures in pulsed plasma in order to obtain nanomaterials. Bismuth nanostructures will help to develop more effective drugs with a much lower content of bismuth in comparison with massive compounds of this metal. The results of the study of the sensitivity of nanobismuth to Bifidobacterium are important in order not to violate the fundamental principle of medicine: "Do no harm" and to develop a gentle technology of treatment with bismuth preparations, for example, from *Helicobacter pylori*, which is the cause of stomach ulcers and cancerous tumors of the stomach and small intestine.



