КЫРГЫЗ-ТҮРК МАНАС УНИВЕРСИТЕТИ ТАБИГЫЙ ИЛИМДЕР ИНСТИТУТУ

ХИМИЯ ИНЖЕНЕРЛИГИ БАГЫТЫ

НАНОБӨЛҮКЧӨЛӨРДҮ АБА ЖАНА СУУНУ ТАЗАЛООДО КОЛДОНУУ

Даярдаган

Жолдошбекова Чолпон Жолдошбековна

Илимий жетекчи

PhD., к.х.н., доц.м.а., Эмил Омурзак уулу

Магистрдик диссертация

Июнь 2022

КЫРГЫЗСТАН/БИШКЕК

ПЛАГИАТ ЖАСАЛБАГАНДЫГЫ ТУУРАЛУУ БИЛДИРҮҮ

Мен бул эмгекте алынган бардык маалыматтарды академиялык жана этикалык эрежелерге ылайык колдондум. Тагыраак айтканда, бул эмгекте колдонулган, бирок мага тиешелүү болбогон маалыматтардын бардыгын тиркемеде так көрсөттүм жана башка булактардан плагиат жасалбагандыгына ынандырып кетким келет**.**

Жолдошбекова Ч.Ж

Колу:

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmada tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçlar tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Çolpon COLDOŞBEKOVA

İmza:

НУСКАМАГА ТУУРА КЕЛҮҮСҮ

«Нанобөлүкчөлөрдү аба жана сууну тазалоодо колдонуу» аттуу магистрдик квалификациялык бүтүрүү иши, Кыргыз-Түрк “Манас” университети Жогорку билим берүү жана квалификациялык бүтүрүү иштерин даярдоо жана жазуу нускамасына ылайык жасалды.

Даярдаган: Илимий жетекчи:

Жолдошбекова Ч.Ж PhD., к.х.н., доц.м.а., Эмил Омурзак уулу

Колу: Колу:

Химия инженерлиги багытынын башчысы

Проф. Нахит Акташ

Колу:

YÖNERGEYE UYGUNLUK

«Nanopartiküllerin hava ve sunu temizlemede kullanılması» adlı Yüksek Lisans tezi, Kırgızistan Turkiye Manas Universitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Tez Hazırlama ve Yazma Yönergesi'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan:	Danışman:
Coldoşbekova Çolpon	PhD. Yrd.Doç.Dr. Emil OMURZAK UULU
İmza:	İmza:

Kimya Mühendisliği ABD Başkanı

Prof.Dr. Nahit AKTAŞ

İmza:

КАБЫЛ АЛУУ ЖАНА ЧЕЧИМ

PhD., к.х.н., доц.м.а. Эмил Омурзак уулу жетекчилигинде Жолдошбекова Чолпон тарабынан даярдалган **«Нанобөлүкчөлөрдүн аба жана сууну тазалоодо колдонулушу»** темасындагы магистрдик диссертациялык иш комиссия тарабынан Кыргыз-Түрк “Манас” университетинин Табигый илимдер институтунун Химия инженерлиги багытында магистрдик диссертациялык иш болуп кабыл алынды.

..... / ..... / 2022

Комиссия:

Төрайым:	Проф. Анар Зарипова	.....
Илимий жетекчи:	PhD., к.х.н., доц. м.а. Эмил Омурзак уулу	.....
Мүчө:	т.и.к., доц. Бакыт Боркоев	.....
Мүчө:	х.и.к., доц. Күлүмкан Сартова	.....
Мүчө:	х.и.к., доц. Калипа Салиева	.....
Мүчө:	PhD., к.х.н., доц. м.а. Эмил Омурзак уулу	.....

ЧЕЧИМ:

Бул бүтүрүү иши, Институт башкаруу кеңешинин ..... датасындагы жана ..... номерлүү чечими менен кабыл алынды.

..... / ..... / 2022

Доц. Др. Исмет Алтынташ

Институт мүдүрү

KABUL VE ONAY

PhD. Yrd.Doç.Dr. Emil OMURZAK UULU danışmanlığında Çolpon COLDOŞBEKOVA tarafından hazırlanan **"Nanopartiküllerin hava ve sunun temizlemesinde kullanılması"** adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Kırgızistan Türkiye Manas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

..... / ..... / 2022

JÜRİ:

Komisyon başkanı: Prof. Dr Anar Zaripova .....

Danışman: PhD. Yrd.Doç.Dr. Emil OMURZAK UULU .....

Üye: Doç. Dr.Bakıt BORKOEV .....

Üye: Doç. Dr. Külümkan SARTOVA .....

Üye: Doç. Dr. Kalipa SALİEVA .....

Üye: PhD. Yrd.Doç.Dr. Emil OMURZAK UULU .....

ONAY:

Bu tezin kabülü Enstitü Yönetim Kurulunun ..... tarih ve ..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... / ..... / 2022

Doç.Dr. İsmet Altıntaş

Enstitü Müdürü

АЛГАЧ СӨЗ

Бул магистрдик иштин темасын тандоодо жана эксперименталдык бөлүгүн жасоодо багыт берген жана адабияттарды, алынган жыйынтыктарды анализдөөдө жана керектүү реагент жана жабдыктарды сатып алууда көмөк көрсөткөндүгү үчүн илимий жетекчим PhD. Доц.м.а., Эмил Омурзак уулу жана магистрдик окуу процессинде окуткан Табигый илимдер институтунун жалпы мугалимдер жамаатына жана кызматкерлерине терең ыраазычылыгымды билдирем.

Чолпон Жолдошбекова

Бишкек, Июнь 2022

НАНОБӨЛҮКЧӨЛӨРДҮ АБА ЖАНА СУУНУ ТАЗАЛООДО КОЛДОНУУ

Жолдошбекова Чолпон Жолдошбековна

Кыргыз-Түрк "Манас" университети, Табигый илимдер институту

Магистрдик иш, июнь 2022

Илимий жетекчи: PhD., к.х.н., доц.м.а. Эмил Омурзак уулу

КЫСКАЧА МАЗМУНУ

Бул иште импульстук плазма методунун жардамы менен нано каптоо алынып, анын негизинде техникалык булганган суунун тазалоосу жүргүзүлдү. Каптоодо 3 түрлүү нанобөлүкчө, тагыраак айтканда титан оксиди, жез оксиди жана цинк оксиддери колдонулду. Баардык каптоолор тазалыгы 95 % болгон титан металлынын бетине жасалды. Каптоонун ишке жарамдуулугун, атайын даярдалган роданид (KCNS) жана нефти продуктусу болгон бензин эритмелерин тазалоо аркылуу текшерилди. Алынган нанокаптоолор жана тазаланган суу ИК спектрометринин жардамы менен текшерилип, нанокаптоодо оксиддердин алынгандыгы аныкталды. Нанокаптоодо, жез оксиди спектрограммадан 83% интенсивдүүлүктү, титан диоксиди 87% интенсивдүүлүктү, цинк оксиди 95,77%% интенсивдүүлүктү көрсөттү. Суудагы бензиндин концентрациясы баштапкы 42% интесивдүүлүктөн жез оксидинде 32 %га, титан оксидинде 27%га, цинк оксидинде 16% га чейин төмөндөгөн. Ал эми суудагы калий роданидинин абсорбция интенсивдүүлүгү баштапкы 0,28 абсорбциядан, жез оксидинде 0,22, титан оксидинде 0,18, цинк оксидинде 0,18 абсорбция бирдигин көрсөттү.

Негизги сөздөр; нано каптоо, импульстук плазма методу, роданит. бензин эритмеси, титан оксиди, жез оксиди, цинк оксиди.

NANOPARTİKÜLLERİN HAVA VE SUNUN TEMİZLEMESİNDE KULLANILMASI

Çolpon COLDOŞBEKOVA

Kırgızistan-Türkiye Manas Universitesi, Fen Bilimler Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Haziran 2022

Danışman: PhD. Yrd.Doç.Dr. Emil OMURZAK UULU

GENİŞ ÖZET

Bu çalışmada, teknik olarak kirlenmiş suyun arıtıldığı, darbeli plazma yöntemi kullanılarak bir nano kaplama elde edildi. Kaplamada titanyum oksit, bakır oksit ve çinko oksit olmak üzere üç tip nanoparçacık kullanılmıştır. Tüm kaplamalar %95 saflıkta titanyum metalden yapılmıştır. Özel hazırlanmış rhodanide (KCNS) ve petrol içeren benzin solüsyonları temizlenerek kaplamanın uygunluğu kontrol edildi. Elde edilen nanopartiküller ve arıtılmış su, nanokaplarda oksitlerin varlığını belirlemek için bir IR spektrometresi ile kontrol edildi. Nano kaplamada, bakır oksit spektrogramdan %83 yoğunluk gösterdi, titanyum dioksit %87 yoğunluk gösterdi ve çinko oksit %95.77 yoğunluk gösterdi. Sudaki benzin konsantrasyonu, başlangıçtaki yoğunluk olan %42'den bakır oksitte %32'ye, titanyum oksitte %27 ve çinko oksitte %16'ya düşmüştür. Potasyum rodanidin sudaki absorpsiyon yoğunluğu, ilk absorpsiyon ünitesinin 0.28 ünite üzerinde, bakır oksitte 0.22 ünite, titanyum oksitte 0.18 ünite ve çinko oksitte 0.18 ünite idi.

Şu anda, su kirliliği küresel sorunlardan biridir [1]. Bu nedenle bu alanda çok fazla bilimsel araştırma yapılmaktadır. Örneğin, titanyum dioksitin fotokatalitik özellikleri olan içme suyunu ve havayı temizleyen nanopartiküllere dayalı filtreler geliştirilmiş ve devreye alınmıştır. Bu kaplamalar ise genellikle kimyasal ve fiziksel çöktürme ile elde edildikleri için pahalı ekipman gerektirir. Ayrıca kaplanacak filmin seçiminde "simbiyotik" sorunu, optimal morfolojisi ve uçuculuğu yüksek malzeme arayışı [3,4]. Bu nedenle, bu tür engeller performans üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. En basit yöntem darbeli plazma yöntemiydi. Bu plazma kimyasal yöntemlerinden biridir. Plazmokimyasal yöntemler, 10 nm ila 100-200 nm aralığında nanoparçacıklar üretir.

Yöntemin avantajı, yüksek üretkenliği ve düşük sıcaklıkta işlenmesidir [5]. Ve kullandığımız pulse plazma yöntemi de yukarıdaki yöntemlerden biridir ve aynı zamanda ekonomiktir. Aynı zamanda plazma yöntemlerinin en güvenlisidir [6]. Bu yöntem nano kaplama elde etmek için ilk kez kullanılıyor ve gelecekte daha iyi sonuçlar görmeyi umuyoruz. Ayrıca, bu yöntemi incelemek için daha fazla yol açıyoruz. Bu da nano kaplama konusunda yeni bakış açıları sağlayacaktır.

Yüksek lisans tezinin amacı

- Darbeli plazma yöntemi ile nano kaplama elde edilmesi

- Nano kaplama analizi

- Nano kaplama denetimi

Hedefe ulaşmak için gereksinimler

- Konuyla ilgili literatürün analizi ve analizi

- Bir uygulama yöntemi bulun ve onu kullanmanın yollarını bulun

- Nano kaplamanın sentezi

- Elde edilen kaplamanın analizi.

Davanın haberi

Nanopartiküller elde etmek için doğrudan darbeli plazma yöntemi kullanılır. Elde edilen kaplama teknik olarak kirlenmiş suların arıtılması için kullanılır ve gerekli analizler yapılır.

İşin pratik önemi

Su ve hava arıtma için nano kaplamanın gelecekteki kullanımı. Sadece içme suyunun değil aynı zamanda atık suların ve teknik kirliliğin arıtılması.

Nanotozların plazma kimyasal tekniği, çekirdeklerin düşük reaksiyon hızları ve büyümelerinin bir sonucu olarak, dengeden uzak, düşük sıcaklıklarda plazmada yüksek oluşum hızlarında nitrürler, karbürler, borürler ve oksitlerin yüksek oranda dağılmış bir kimyasal tozudur.

Plazma kimyasal sentezi, düşük sıcaklıkta (4000-8000 K) nitrojen, amonyak, hidrokarbonlar, argon benzeri argon plazması, yüksek veya mikrodalga deşarjları

kullanır; Elementler, halojenürleri ve diğer bileşikleri hammadde olarak kullanılır. Elde edilen tozun özellikleri kullanılan ham maddeye, sentez teknolojisine ve reaktör tipine bağlıdır. Plazma-kimyasal toz parçacıklarının boyutu 10 ila 100-200 nm ve daha fazla arasında değişir. Plazma-kimyasal sentez, bileşiğin yüksek oranda oluşmasını ve yoğunlaşmasını sağlar ve oldukça yüksek bir üretkenlik ile karakterize edilir. Plazma-kimyasal sentezin ana dezavantajları, partiküllerin büyük boyutu ve işlemin düşük seçiciliğinin yanı sıra tozdaki yüksek safsızlık içeriğidir. Birkaç katkı maddesi içeren toz, elektrotsuz yüksek frekanslı ve mikrodalga plazma reaktörlerinde elde edilir.

Plazma kimyasal sentezinin ilk aşamasında, aktif parçacıklar-reaktifler oluşur ve daha sonra yok olma sonucunda etkileşim ürünleri salınır. Lokasyonun ve gelişme hızının seçimi, 10 ila 100 nm arasında belirli bir kompozisyon, şekil ve partikül boyutunun elde edilmesini sağlar. Yoğun soğutma, parçacıkların büyümesini durdurur ve yoğun fazda çekirdek oluşum hızını arttırır [26].

Plazma-kimyasal yöntem, argon arkının plazmasındaki metal klorürlerin hidrojen ile indirgenmesiyle metal tozları elde etmek için kullanılır.

Bu yöntemde iki parça metal alınır, anot ve katot üzerine monte edilir ve her iki tarafa bir darbe akım üreteci ile bağlanır. Puls üreteci bize 10 μs'lik 50 hertz'lik bir azalma sağlıyor. Kondansatör kapasitesi 2 μF kondansatör kullanılmaktadır. Akım 100 ampere yükselir. Ancak, çevre üzerinde neredeyse hiçbir etkisi yoktur. Nanopartiküller sıvı veya vakum ortamında olabilir. Sentez şu şekilde başlar.

1. İyonizasyon

2. yıkmak

3. Nanoparçacık ekstraksiyonu

Camdaki sıvının renginin değişmesinin nedeni, metal bileşiğinin nanoparçacıklarının ve bir toz çökeltisinin oluşmasıdır [27].

Deneyler titanyum levha (%95 saflık), titanyum bölüm, çinko bölüm, bakır tel bölüm, darbeli plazma aparatı, etanol (%95 saflık), damıtılmış su kullanılarak gerçekleştirilir.

İlk olarak, titanyum elektrotlar kollara bağlanır, böylece akım içlerinden geçer. Dielektrik ortam olarak, bir beher içinde etanol hazırlıyoruz. %80 etanol ve %20 su.

Ezilmiş çözeltiye bir titanyum plaka koyduk. Elektrotlardan biri vibratörde titreştiğinde (1 mm genlik) ve diğer elektrota dokunduğunda akım iletir. Bu işlem sonucunda nanopartiküller açığa çıkar ve plakaya yapışır. Sürekli titreşim, nanoparçacıkların sentezlenme sürecini sabit tutar. Sonraki numuneler (bakır, çinko) için elektrotlar ve etanol yenilenir ve deney baştan tekrarlanır.

Deneyden elde edilen plakaları kuruturuz ve özel hazırlanmış solüsyonlara (potasyum rhodanide, benzin solüsyonu) koyarız. Çözeltide 1 gün bırakın ve bir analizör ile konsantrasyondaki değişikliği kontrol edin.

Darbeli plazma yöntemi ile nanoparçacıkların üretiminde çeşitli stabilizatörler kullanılmakta ve farklı ortamlar dikkate alınarak sentezlenmektedir. Bunlardan alkol ortamı bu çalışma için seçilmiştir. Bunun nedeni, bu ortamda oksit üretimi olasılığının yüksek olmasıdır. Oksit ise su arıtmada daha iyi performans gösterebilir. Bu, titanyum oksitin tüm su ve hava filtrelerinde kullanılması gerçeğiyle doğrulanır. Bakır oksitin nanoparçacıklarının ayrıca antibakteriyel ve fotokatalitik özelliklere sahip olduğu bulunmamıştır [27].

Genel olarak, aşağıdaki sonuca vardık.

Nano kaplamada, bakır oksit spektrogramdan %83 yoğunluk gösterdi, titanyum dioksit %87 yoğunluk gösterdi ve çinko oksit %95.77 yoğunluk gösterdi. Sudaki benzin konsantrasyonu, başlangıçtaki yoğunluk olan %42'den bakır oksitte %32'ye, titanyum oksitte %27 ve çinko oksitte %16'ya düşmüştür. Potasyum rodanidin sudaki absorpsiyon yoğunluğu, ilk absorpsiyon ünitesinin 0.28 ünite üzerinde, bakır oksitte 0.22 ünite, titanyum oksitte 0.18 ünite ve çinko oksitte 0.18 ünite idi.

Elde edilen sonuçlar sonucunda darbeli plazma yöntemi ile elde edilen kaplamada nanoparçacıkların oksitlerinin elde edildiği görülmektedir. Buna göre, yöntemin nano kaplama elde edebildiği anlaşılabilir. Analizörün spektrogramı, elde edilen kaplamaların teknik olarak kirlenmiş suyu arıtmak için kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler; nano kaplama, darbeli plazma yöntemi, rhodanite, benzin çözeltisi, titanyum oksit, bakır oksit, çinko oksit.

THE USE OF NANOPARTICULES IN THE PURIFICATION OF THE ENVIRONMENT

Cholpon Zholdoshbekova

Kyrgyz-Turkish Manas University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.S. Thesis, June 2022

Supervisor: PhD. Assist.Prof. Emil Omurzak uulu

ABSTRACT

In this work, a nano coating was obtained using the pulse plasma method, on the basis of which the technically contaminated water was treated. Three types of nanoparticles were used in the coating, namely titanium oxide, copper oxide and zinc oxide. All coatings are made of titanium metal with a purity of 95%. The suitability of the coating was checked by cleaning the specially prepared rhodanide (KCNS) and petroleum-containing gasoline solutions. The obtained nanoparticles and purified water were checked with an IR spectrometer to determine the presence of oxides in the nanocaps. In nanocoating, copper oxide showed 83% intensity from the spectrogram, titanium dioxide showed 87% intensity, and zinc oxide showed 95.77% intensity. The concentration of gasoline in the water decreased from the initial intensity of 42% to 32% in copper oxide, 27% in titanium oxide and 16% in zinc oxide. The absorption intensity of potassium rhodanide in water was 0.28 units above the initial absorption unit, 0.22 units in copper oxide, 0.18 units in titanium oxide, and 0.18 units in zinc oxide.

Key words; nano coating, pulsed plasma method, rhodanite. gasoline solution, titanium oxide, copper oxide, zinc oxide.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ В ОЧИЩЕНИИ ВОЗДУХА И ВОДЫ

Чолпон Жолдошбекова

Кыргызско-Турецкий Университет “Манас”, Институт Естественных Наук

Магистерская диссертация, июнь 2022

Научный руководитель: PhD., к.х.н., и.о.доц. Эмил Омурзак уулу

АННОТАЦИЯ

В данной работе импульсно-плазменным методом было получено нанопокрытие, на основе которого осуществлялась обработка технически загрязненной воды. В покрытии использовались три типа наночастиц, а именно оксид титана, оксид меди и оксид цинка. Все покрытия изготовлены на поверхности металлического титана чистотой 95%. Пригодность покрытия проверяли очисткой специально приготовленными растворами роданида (KCNS) и нефтесодержащих бензинов. Полученные наночастицы и очищенную воду проверяли с помощью ИК-спектрометра на наличие оксидов. В нанопокрытии оксида меди показал интенсивность 83% от спектрограммы, диоксид титана показал интенсивность 87%, а оксид цинка показал интенсивность 95,77%. Концентрация бензина в воде уменьшилась с начальной интенсивности 42% до 32% в оксиде меди, 27% в оксиде титана и 16% в оксиде цинка. Интенсивность поглощения роданида калия в воде превышала исходную единицу поглощения на 0,28 ед., в оксиде меди – на 0,22 ед., в оксиде титана – на 0,18 ед., в оксиде цинка – на 0,18 ед. и бензина.

Ключевые слова; нанопокрытие, импульсно-плазменный метод, роданит. бензиновый раствор, оксид титана, оксид меди, оксид цинка.

Мазмуну

БАШКЫ БЕТ.....i

ПЛАГИАТ ЖАСАЛБАГАНДЫГЫ ТУУРАЛУУ БИЛДИРҮҮ.....ii

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....ii

НУСКАМАГА ТУУРА КЕЛҮҮСҮ.....iii

YÖNERGEYE UYGUNLUK..... iv

КАБЫЛ АЛУУ ЖАНА ЧЕЧИМ.....v

KABUL VE ONAY.....vi

АЛГАЧ СӨЗ.....vii

КЫСКАЧА МАЗМУНУ.....viii

GENİŞ ÖZET.....ix

ABSTRACT.....xiii

АННОТАЦИЯ.....xvi

МАЗМУНУ.....xv

СҮРӨТТӨРДҮН ТИЗМЕСИ.....xvii

ЖАДЫБАЛДАРДЫН ТИЗМЕСИ.....xix

КИРИШҮҮ.....1

1-БӨЛҮМ

1.1 Теманын актуалдуулугу.....2

2-БӨЛҮМ

ТЕОРИЯЛЫК МААЛЫМАТ 3

2.1 Нанотехнология жөнүндө жалпы түшүнүк.....3

2.2 Жашыл нанотехнология.....4

2.3 Таза суу үчүн нанотехнология.....4

2.4 Нанофильтрация.....5

2.5 Нано каптоону жана нано пленкаларды алуу технологиясы.....6

2.6 Механикалык ыкмалар.....6

2.7 Физикалык ыкмалар.....7

2.8 Нанотехнологиянын коркунучу.....7

3-БӨЛҮМ

МАТЕРИАЛДАР ЖАНА ИЗИЛДӨӨ ЫКМАЛАРЫ.....9

3.1 Плазмохимиялык ыкма.....9

4-БӨЛҮМ

ЖЫЙЫНТЫКТАР ЖАНА АЛАРДЫ ТАЛКУУЛОО.....13

5-БӨЛҮМ

Корутунду.....33

Адабияттар.....34

Өмүр баян.....38

СҮРӨТТӨРДҮН ТИЗМЕСИ

Сүрөт 1. Импульстук плазма аппараты.

Сүрөт 2. Импульстук плазма методунун иштөө процесси

Сүрөт 3. Импульстук плазма ыкмасында синтезделген Cu нанобөлүкчөлөрдүк рентгенограммасы[28].

Сүрөт 4. Импульстук-плазма методу менен 80 мл этанол 20 мл сууда синтезделген цинк нанооксидинин рентгенограммасы[29].

Сүрөт 5. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн ИК спектрограммасы.

Сүрөт 6. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн ИК спектрограммасы.

Сүрөт 7. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн ИК спектрограммасы.

Сүрөт 8. Импульстук плазма методу менен алынган оксиддердин ТЕМ аппаратында алынган жыйынтыктар.

Сүрөт 9. Нанокаптоо алынган пленкалар.

Сүрөт 10. Тажрыйбадан алынган үлгүлөр.

Сүрөт 11. Бензин эритмесинин баштапкы спектрограммасы (% менен).

Сүрөт 11а. Бензин эритмесинин баштапкы спектрограммасы (% менен).

Сүрөт 12. Калий роданидинин баштапкы спектрограммасы (абсорбанс менен).

Сүрөт 12а. Калий роданидинин баштапкы спектрограммасы (% менен).

Сүрөт 13. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

Сүрөт 13а. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири

Сүрөт 14. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

Сүрөт 14а. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

Сүрөт 15. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

Сүрөт 15а. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

Сүрөт 16. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

Сүрөт 16а. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

Сүрөт 17. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

Сүрөт 17а. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

Сүрөт 18. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

Сүрөт 18а. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

19-сүрөт. Бийиктиги Δh болгон адсорбент катмарынын элементиндеги адсорбция процессинин схемасы.

ЖАДЫБАЛДАРДЫН ТИЗМЕСИ

Таблица 1. XRD анализинин негизинде алынган Cu НБ кристаллдык торчосунун параметрлердин маанилери[28].

Таблица 2. 80 мл этанол 20 мл сууда синтезделген цинк порошогунун рентгенограммасынын негизинде эсептелинген цинк жана цинк оксиддеринин кармалышы[29].

Таблица 3. Баштапкы маалыматтар[46].

1-БӨЛҮМ

Киришүү

Азыркы учурда суунун кирленүүсү глобалдык көйгөйлөрдүн бири болуп эсептелинет [1]. Ошондуктан көптөгөн илим изилдөөлөр ушул тармакта жүргүзүлүүдө. Мисалга, ичүүчү сууну жана абаны тазалоочу нанобөлүкчөлөрдүн негизиндеги, тагыраак айтканда, титан диоксидинин фотокаталитикалык касиетин колдонуу менен чыпкалар ойлонуп табылып, колдонууга берилген [2]. Ал эми бул каптоолор көбүнчө химиялык жана физикалык чөктүрүү жолдору менен алынгандыктан, кымбат баалуу техниканы талап кылат. Ошондой эле каптоо алына турчу пленканы тандоодо, “симбиоттук” көйгөйү, анын оптималдуу морфологиясы жана жогорку учуучу касиетке ээ материалды издөө көйгөйлөрү алдыга чыгат [3,4]. Андыктан мындай тоскоолдуктар ишке терс таасирин тийгизиши мүмкүн. Ал эми бул иште эң жөнөкөй ыкма – импульстук плазма ыкмасы колдонулду. Бул плазмохимиялык ыкмалардын бири болуп эсептелинет. Плазмохимиялык ыкмаларда нанобөлүкчөлөр 10нм ден 100-200нм ге чейинки өлчөмдө алынат. Ыкманын артыкчылыгы анын жогорку өндүрүмдүүлүгүндө жана төмөнкү температураларда иштетилишинде [5]. Ал эми биз колдонуучу импульстук плазма ыкмасы да жогоруда айтылган ыкмалардын бири болуп эсептелинет жана экономикалык жактан да ыңгайлуу. Ошондой эле плазма ыкмаларынын арасынан эң коопсузу болуп эсептелинет [6]. Бул ыкма менен биринчи жолу нанокаптоо алуу тажрыйбасы жасалууда жана алдыда жакшы жыйынтыктарга келебиз деген үмүттөнөбүз. Мындан тышкары бул ыкманы мындан да кеңири изилдөө жолдорун ачуудабыз. Бул да болсо нанокаптоолорго жаңыча көз карашты ачмакчы.

Ал эми жогоруда айтылгандай суу тазалоо көйгөйү учурда баардык тармактарда кездешет. Бул иште техникалык булганууга учураган, тагыраак айтканда роданид (тиоцианат) жана бензин эритмелери менен булганган сууларды тазалоо үчүн нанобөлүкчөлөр колдонулду. Роданид (тиоцианат) эритмелри цианид эритмелеринин натыйжасында пайда болгон техникалык калдыктардан болуп эсептелинет. Алардын тирүү организмге карата терс таасири байкалган.

1.1 Теманын актуалдуулугу

Акыркы жылдарда экологиялык көйгөйлөргө кеңири көңүл бурулууда. Бул да болсо бул көйгөйлөрдүн дүйнөлүк масштабда экенин тастыктайт. Алардын ичинен суу жана абанын кирленүүсү баардык окумуштуулардын назарын буруп, изилдөөлөрдүн көп тармактуу жүрүүсүнө өбөлгө тузүүдө. Суунун, анын ичинен бир гана ичүүчү эмес, агын суулар, көл, деңиз, окендардагы суулардын булганышы экосистемага олуттуу залалдарлы алып келүүдө десек жаңылбасак керек [1]. Буга мисал, нефти продуктуларынын океан сууларына авариянын жана ошондой эле нефти иштетүүдө чыккан калдыктардын төгүлүүсү. Эч бир нефти иштетүүчү ондүрүш калдыксыз болбойт.

2-БӨЛҮМ

ТЕОРИЯЛЫК МААЛЫМАТ

2.1 Нанотехнология жөнүндө жалпы түшүнүк

“Нано” – термини грек сөзүнөн νανοσ – «карлик» деп которулат жана бир нерсенин миллиарддан бир бөлүгүн билдирет. Аталышы көрсөтүп тургандай нанодүйнө, нанометр менен өлчөнгөн (1нм = 10^{-9} м = 10^{-6} мм = 10^{-3} мкм) R өлчөмү туура келген объект жана структуралар менен көрсөтүлөт. Биринчи жолу бул англисче “Nanotechnology” термини 1974-жылы эл аралык конференцияда Япониялык профессор Норио Танигучи тарабынан “Нанотехнологиянын башкы принциптери” аттуу докладында колдонулган. Наноматериалдардын спесификасы анын R өлчөмүндө жана атомдук өлчөмдөн (~ 0,1 нм) бир канча ондогон нанометрге чейин жакшыраак байкалат. Бул өлчөмдөрдөгү бөлүкчөлөрдүн жана материалдардын баардык касиеттери (физико-механикалык, жылуулук, электрикалык, магниттик, оптикалык, химиялык, каталитикалык жана башкалар), макро өлчөмдөгү касиеттеринден таптакыр башкача болушат. Нанобөлүкчөлөрдүн өзгөчө касиеттерине жана спесификалык жүрүм-турумдарына ондогон себептер бар. Алардын касиеттери олуттуу түрдө морфологиялык бирдиктерден көз каранды жана керектүү болгон учурда керектүү болгон тарапка бир сорттогу атомдордун (молекулаларын) кошуу аркылуу өргөртүүгө болот [7].

Нанотехнология бул 1ден – 100 нмге чейинки өлчөмгө ээ болгон компоненттерди камтыган, прициpиалдык жаңы касиеттерге ээ болгон жана толугу менен иштөөчү чоң масштабдагы системаны ишке ашырууга жол берген объекттерди модификациялоочу (түрүн, формасын өзгөртүү) жана контролдоп туруу абалында пайда кылууну камсыздаган методдордун жана ыкмалардын жыйындысы.

Бул технология мындай түрдөгү объекттер менен иштөө жана алардан принципиалдык жаңы молекулярдык организацияга ээ болгон чоң өлчөмдөгү структураны пайда кылуу деген ойду билдирет. Атом – молекулярдык элементтерди колдонуу аркылуу алынган наноструктуралар, жасалма жол менен алууга боло турган өтө кичинекей объекттер болуп саналат. Алар жаңы физикалык,

химиялык жана биологиялык касиеттер жана алар менен байланыштуу болгон кубулуштар менен мүнөздөлөт. Ушуга байланыштуу наноилим, нанотехнология жана наноинженерия деген түшүнүктөр пайда болгон. Наноилими– нанометрдик масштабтагы кубулуштарды жана наноматериалдардын касиеттерин фундаменталдык түрдө изилдейт. Наноинженерия – бул нанобөлүкчөлөрдүн эффективдүү түрдө колдонуу методдорун изилдейт [8].

2.2 Жашыл нанотехнология

Нанотехнология өндүрүш процесстерин эки жол менен өзгөртүү мүмкүнчүлүгүнө ээ. Биринчиден, өндүрүш калдыктарын тез кыскартуу жана анын натыйжалуулугун жогорулатуу аркылуу. Экинчиден, наноматериалдарды катализатор катары колдонуу аркылуу өндүрүш процесстеринин эффективдүүлүгүн жогорулатат жана уулуу жана кир материалдардан, ошондой эле акыркы продуктулардан арылууга мүмкүндүк берет.

“Жашыл” нанотехнологиялар – экологиялык жактан таза химиялык жана технологиялык процесстерди колдонгон технологиялар. Идеалында, жашыл нанотехнология өндүрүш процесстерин, материалдык талаптарды, химиялык процедураларды жакшыртып, учурдагы кооптуу заттарды жана процесстерди алмаштырууга тийиш. Бул энергетикалык жана материалдык чыгымдарды азайтат.

"Жашыл" химиянын жана "жашыл" технологиялардын маанилүүлүгү 2005-жылы химия боюнча Нобель сыйлыгы "органикалык синтездеги метатеза ыкмасын өнүктүрүүгө кошкон салымы үчүн" Калифорния технологиялык институтунан (АКШ) Роберт Граббсга ыйгарылганда бааланган.), Массачусетс технологиялык институтунан (АКШ) Ричард Шрок жана Нефть институтунан (Франция) Ив Шовин. Метатеза атомдордун кайра жайгашуусу пайда болгон, башкача айтканда, бир же эки молекуланын көмүртек скелети өзгөргөн жуп химиялык байланыштын ушундай «которулуусун» билдирет[3].

2.3 Таза суу үчүн нанотехнология

Жер жүзүндөгү бардык суунун 30% гана муздак же мөңгү суулары жана анын 0,08%ы гана таза суу [9], бул 5 литрлик идишке салыштырмалуу 1 чай кашык сууга окшош. Акыркы жылдары суу маанилүү маселеге айланып, аны менен байланышкан көйгөйлөрдү чечүү бир топ кыйын. Нанотехнологиянын өнүгүүсү

суунун сапатын жакшыртуу үчүн колдонулушу мүмкүн. Нанотехнологияны колдоно турган бир нече ыкмалар реактивдүү чөйрөнү бөлүү жана чыпкалоо, биоремедиация жана дезинфекциялоо үчүн колдонот [10–11].

Ремедиация – адамдын ден соолугуна же экосистемага зыян келтирүүчү сууну булгоочу заттарды жок кылуу, азайтуу же зыянсыздандыруу процесси. Ремедиация технологияларын үч категорияга бөлүүгө болот, атап айтканда (1) жылуулук, (2) физикалык-химиялык жана (3) биологиялык ыкмалар. Экстракция, адсорбция жана кычкылдануу сыяктуу салттуу ыкмалардын көбү азыраак эффективдүү, кымбат жана көп убакытты талап кылат, ал эми экологиялык жактан таза биологиялык бузулуу арзан, бирок өтө көп убакытты талап кылат. Колдонулушу мүмкүн болгон өнүккөн метод наноматериалдар, оор металлдар жана башка булгоочу заттар үчүн жакшыртылган жакындыгы, кубаттуулугу жана селективдүүлүгү. Наноматериалдарды колдонуунун артыкчылыктары алардын жогорку реактивдүүлүгү, чоңураак беттик байланышы жана жакшыраак утилизациялоо мүмкүнчүлүгү болуп саналат. Сууну калыбына келтирүү үчүн колдонула турган нанобөлүкчөлөрдүн жана наноматериалдардын бир нече мисалдары бар, мисалы. цеолиттер, көмүртектүү нанотүтүкчөлөр (CNTs) [12], мезопороздук таянычтардагы өз алдынча монтаждалган монокатмарлар, биополимерлер, бир ферменттүү нанобөлүкчөлөр, нөл валенттүү темирдин (ZVI) нанобөлүкчөлөрү жана башкалар.

2.4 Нанофильтрация

Нанофильтрация кыймылдаткыч күч катары басымды колдонгон чыпкалоонун бир түрү. Нанофильтрация мембраналары кадимки тазалоо ыкмаларына салыштырмалуу көп валенттүү иондордун, пестициддердин жана оор металлдардын көбүрөөк тартылышын же баш тартуусун камсыз кылат. Учурда бул технология сууну тазалоодогу эң жаңы жана эң алдыңкы технология болуп калды жана азыр сиздин үйүңүздө, бизнесиңизде же өндүрүшүңүздө практикалык колдонуу үчүн жеткиликтүү. Нанофильтрация мембранасынын иштешине байланыштуу кээ бир отчеттор жарыяланган [13-14]. Талапка жараша, кээ бир өндүрүүчүлөр алардын молекулярдык салмагына жараша ар кандай молекулаларды бутага алуу үчүн нанофильтрация мембраналарын сунушташат. Мисал катары, Dow Filmtec 90, 200 же 270 г/мольден жогору молекулаларды алып

салуу мүмкүнчүлүгү бар нанофильтрациялык мембрананы сунуштайт [15]. Бул керектөөчүлөргө колдонмолор үчүн көптөгөн мүмкүнчүлүктөрдү берет.

2.5 Нано каптоону жана нано пленкаларды алуу технологиясы

Катуу фазалуу телолордун бетиндеги наноструктуралардын синтези (матрица) адатта төмөнкү ыкмалар менен жүзөгө ашырылат:

- молекулярдык нурлуу эпитаксия;
- газ фазасынан химиялык же физикалык чөкмө;
- Ленгмюр – Блоджетт тасма технологиясы;
- Молекулярдык туташтыруу.

Жука пленкалар CVD жана PVD негизинде алынышы мүмкүн (химиялык жана физикалык парофазалык чөктүрүдөн) иондун бууланууcу – субстраттын үстүнө заттын чөгүүсү. Эң негизгиси, төмөнкү газ басымы жана разряд параметрлери. Ошентип, нанокристаллдык пленканы түзүүчү, кеңири белгилүү болгон жана практикада колдонууга муктаждык жараткан титан нитриди жана карбид пленкасы – ионоплазмалык чөктүрүү ыкмасы менен алынат. Магнетрондук чачыратуу субстраттын температурасын бир нече жүз градуска төмөндөтүүгө мүмкүндүк берет [16].

2.6 Механикалык ыкмалар

Ар түрдүү тегирмендерде материалдарды механикалык жол аркылуу майдалап алуу ыкмалары. Бул тегирмендер: шардуу же шарлар аркылуу майдалоочу, планетардык, борборго умтулуучу, вибрациялык, гироскопиялык түзмөктөр, атритор жана симолойер. Аттриторлор жана симолойерлер булар –жогорку энергетикалык майдалоочу аппараттар. Алардын барабандары, корпусу кыймылдабайт, бирок аралаштыргычтары бар жана бул аралаштыргычтар барабандагы шариктерге кыймыл берет. Аттриторлор вертикалдуу барабандарга ээ жана симолойерде болсо барабандары горизанталдуу. Буларда шарлар аркылуу материалдарды майдалоо, катуу соккунун натыйжасында эмес, сүрүлүү механизминин негизинде жүрөт. Бул эки типтеги установканын сыйымдуулуктары 400 – 600 литрге жетет [17].

2.7 Физикалык ыкмалар

Металлдардын нанобөлүкчөлөрүн конденсация же газофаздык синтез жолу менен алуу ыкмалары, металлдардын, эритмелердин же оксиддердин, температурасы жана атмосферасы контролдонгон реактордо бууланууусуна негизделген. Фазалык өтүүлөр буу – суюктук – катуу зат же буу – катуу зат, реактордун ичинде же муздатуучу дубалдардын үстүнтө жүрөт.

Методдун негизи, баштапкы зат күчтүү ысытуу аркылуу бууланат, атайын газдоо же ташуучулар менен атайын реакция болотурган жерге алып келинет жана тезинен муздатылат. Бууланып жаткан затты ысытууда плазмалар, лазерлер, электрикалык жаачалар, мештер жана электрикалык токту зымдан өткөрүү же башкача сөз менен айтканда индукциондук ыкмалар колдонулат. Керек болсо тигелсиз эле ысытуу да болот. Баштапкы жана акыркы заттын түрүнө жараша буулантууну вакуумда, инерттик газда, газ же плазма агымында жүргүзүшөт. Бөлүкчөлөрдүн өлчөмү жана формасы, процесстин температурасынан, атмосферанын курамынан жана реакция болгон мейкиндиктин басымынан көз каранды [18-19].

2.8 Нанотехнологиянын коркунучу

Нанотехнология потенциалдуу колдонуунун кеңири спектрин жана тез жетишкендиктерди сунуш кылса да, бул технология адамдын ден соолугуна жана айлана-чөйрөгө күтүүсүз таасир тийгизиши мүмкүн. 1-сүрөт биздин күнүмдүк жашообузда нано материалдарды колдонуунун потенциалдуу коркунучун көрсөтөт. Массалык формада зыянсыз болгон материалдар, мисалы, ичүүчү суу булактарына жана тамак-аш чынжырына кирип, чогулуп, биологиялык жактан бузулбаса, нано масштабда өтө уулуу болуп калышы мүмкүн. Абадагы нанобөлүкчөлөрдүн ингаляциясы жана өпкө оорусуна тийгизген таасири өзгөчө тынчсызданууну жаратат, акыркы изилдөөлөр адамдын организминин CNTдин кандайдыр бир формасына, эгерде жетиштүү санда дем алса, асбест бөлүкчөлөрүнө окшош реакциясын көрсөткөн [20].

Бул кооптонуулар адамдардагы жана айлана-чөйрөдөгү нанобөлүкчөлөрдүн тагдырын жана жүрүм-турумун азыркы начар түшүнүү менен ого бетер курчутат. Бирок, бул технологияны иштеп чыгуу абдан эрте жана тестирлөөнүн көлөмү салыштырмалуу чектелген. Учурда көптөгөн эл аралык уюмдар, мисалы Айлана-чөйрөнүн психикалык булганышы боюнча Королдук Комиссия (RCEP) [21] жана Европа Биримдиги[22], кээ бир наноматериалдар боюнча лабораториялык сыноолор алардын кооптонууну туудурган касиеттерге ээ экенин көрсөтүп жатканын билишет. Наноматериалдар менен байланышкан уулуулугун жана мүмкүн болуучу ден-соолук коркунучтарын түшүнүү өтө чектелген [23]. Нанотехнологиялардын коркунучун баалоо изилдөөсү нанобөлүкчөлөрдүн адамдын ден соолугуна жана айлана-чөйрөгө тийгизген потенциалдуу таасирин аныктоо үчүн технологиянын пайдасы менен күтүлбөгөн кесепеттерди тең салмактоого жардам берүү үчүн абдан маанилүү [24-25]. Илимий бийликтер муну чоң көйгөй катары моюнга алышат, анткени өндүрүлүп жаткан жана колдонулуп жаткан ар түрдүү нанобөлүкчөлөрдүн эбегейсиз көлөмүн көзөмөлдөө жана алардын кесепеттерин көзөмөлдөө абдан кыйын. Бул теориялык тобокелдиктердин реалдуу экендигине баа берүү жана алардын айлана-чөйрөдөгү жүрүм-турумун көзөмөлдөө үчүн тестирлөөнүн көлөмүн жана түрүн көбөйтүү боюнча биздин ишти бекемдейт.

3-БӨЛҮМ

МАТЕРИАЛДАР ЖАНА ИЗИЛДӨӨ ЫКМАЛАРЫ

3.1 Плазмохимиялык ыкма



Сүрөт 1. Импульстук плазма аппараты.

Нанопорошоктордун плазмалык химиялык синтези (англ. plasma chemical technique) –ал тең салмактуулуктан алыс төмөн температурадагы плазмада түзүлүүнүн жогорку темпинде, реакциядан жаңы фазадагы ядролордун жана алардын өсүү темпинин төмөндүгүнүн натыйжасында нитриддердин, карбиддердин, бориддердин жана оксиддердин жогорку дисперстүү порошокторун алуунун химиялык ыкмасы.

Плазма-химиялык синтезде төмөнкү температурадагы (4000-8000 К) азот, аммиак, углеводород, жаа сымал аргон плазмасы, жогорку же микротолкундуу разряддар колдонулат; элементтер, алардын галогениддери жана башка кошулмалары чийки зат катары колдонулат. Алынган порошоктун мүнөздөмөсү колдонулган чийки затка, синтез технологиясына жана реактордун түрүнө жараша болот. Плазма-химиялык порошок бөлүкчөлөрүнүн өлчөмдөрү 10дон 100-200 нмге чейин жана андан көп болот. Плазма-химиялык синтез кошулманы түзүүнүн жана конденсациялоонун жогорку темптерин камсыз кылат жана жетишээрлик жогорку өндүрүмдүүлүгү менен мүнөздөлөт. Плазма-химиялык синтездин негизги кемчиликтери болуп бөлүкчөлөрдүн өлчөмдөрү боюнча кеңири таралышы жана процесстин аз тандалмалыгы, ошондой эле порошоктун курамында

аралашмалардын көп болушу саналат. Кошумчалары аз болгон порошок электродсуз жогорку жыштыктагы жана микротолкундуу плазмалык реакторлордо алынат.

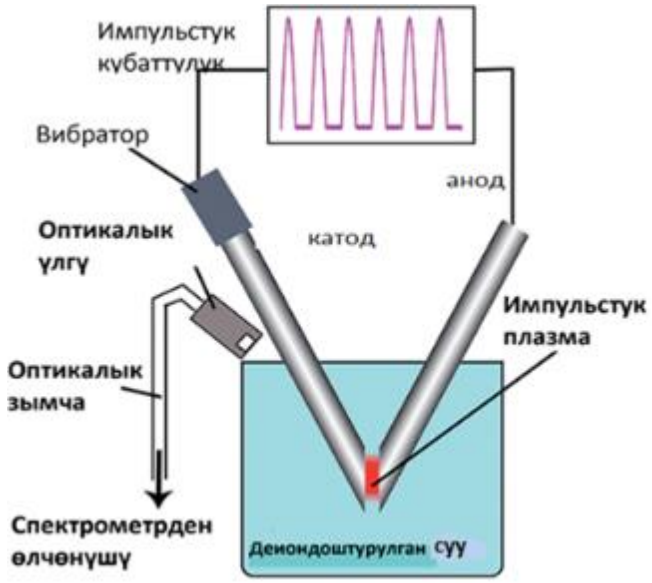
Плазма-химиялык синтездин биринчи этабында активдүү бөлүкчөлөр-реактивдер пайда болот, андан кийин өчүрүү натыйжасында өз ара аракеттенүү продуктылары бөлүнүп чыгат. Өнүктүрүү ордун жана ылдамдыгын тандоо 10дон 100 нмге чейинки берилген курамы, формасы жана бөлүкчөлөрүнүн өлчөмүн алууга мүмкүндүк берет. Интенсивдүү муздатуу бөлүкчөлөрдүн өсүшүн токтотот жана конденсацияланган фазадагы ядролордун пайда болуу ылдамдыгын жогорулатат [26].

Плазма-химиялык ыкма металл хлориддерин аргон догасынын плазмасында суутек менен калыбына келтирүү аркылуу металл порошокторун алуу үчүн колдонулат.

Бул методдо металлдын эки кесиндисин алып, анодго жана катодго орнотуп, эки тарабынан импульстук ток генератору менен туташтырат. Импульстук генератор бизге 50 герц-ти 10 μс ка кичирейтип берет. Конденсатордун сыйымдуулугу 2 μФ конденсатор колдонулат. Ток күчү 100 ампер-ге чейин жогорулайт. Бирок, чөйрөгө дээрлик таасирин тийгизбейт. Нанобөлүкчөлөрдү суюк же вакуумдук чөйрөдө болот. Синтез төмөнкүчө башталат.

1. Иондошуу
2. Учкундоо (break down)
3. Нанобөлүкчө алынышы

Стакандагы суюктук түсүн өзгөртүшүнүн себеби – металл бирикменин нанобөлүкчөлөрү жана порошогунун чөкмөсү пайда болгондугунда[27].



Сүрөт 2. Импульстук плазма методунун иштөө процесси

Титан пластинасы (тазалыгы 95%), титан кесиндиси, цинк кесиндиси, жез зымы кесиндиси, импульстук плазма аппараты, этанол (тазалыгы 95%), дистирленген сууларды колдонуу менен тажрыйба жүргүзүлөт .

Алгач титан электроддорду ирээти менен ток өткүдөй кылып, кармагычтарга туташтырылат. Диэлектрик чөйрө катары этанолду стаканга даярдайбыз. 80% этанол жана 20% суу. Дардалган эритмеге титан пластинасын салабыз. Электроддун бирөөсү вибратор аркылуу (амплитудасы 1мм) титиреп, экинчи электродго тийгенде ал токту өткөрөт. Бул процесстин натыйжасында нанобөлүкчөлөр бөлүнүп чыгат жана пластинага жабышат. Тынымсыз титирөө нанобөлүкчөлөрдү синтездөө процессин туруктуу абалда сактап турат. Кийинки үлгүлөргө (жез, цинк) тажрыйба жүргүзүү үчүн электроддор, этанол жаныртылып, тажрыйба башынан кайталанылат.

Тажрыйбадан алынган плстиналарды кургатып, Атайын даярдалган эритмелерге (Калий роданиди, бензин эритмеси) салабыз. Эритмеде 1 сутка калтырып, анализатор менен концентрациянын өзгөрүшүн текшеребиз.

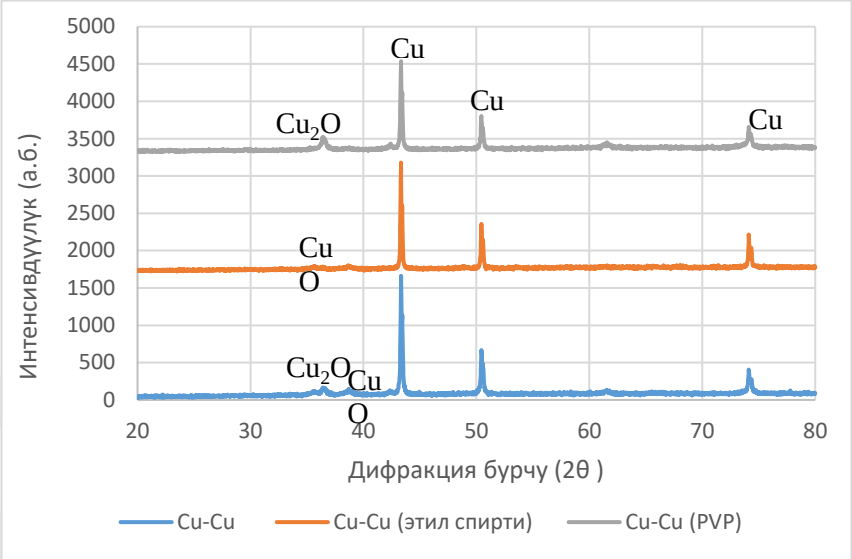
Нанобөлүкчөлөрдү импульстук плазма методу менен алууда, ар кандай стабилизаторлор колдонулуп, жана ар кандай чөйрөнү эске алуу менен синтезделет. Алардын ичинен бул иште спирттик чөйрө тандалып алынган. Себеби, бул чөйрөдө нанооксид алуу ыктымалдуулугу жогору. Ал эми нанооксид суу

тазалоодо жогорку көрсөткүчтөрдү көрсөтө алат. Бул титандын нанооксиди баардык суу жана аба чыпкаларында колдонулгандыгы менен тастыкталат. Ал гана эмес жез нанооксидинин да антибактериалдык касиетке жана фотокаталититкалык касиетке ээ экендиги аныкталган [27].

4-БӨЛҮМ

ЖЫЙЫНТЫКТАР ЖАНА АЛАРДЫ ТАЛКУУЛОО

Жез оксиди



Сүрөт 3. Импульстук плазма ыкмасында синтезделген Cu нанобөлүкчөлөрдүк рентгенограммасы [28].

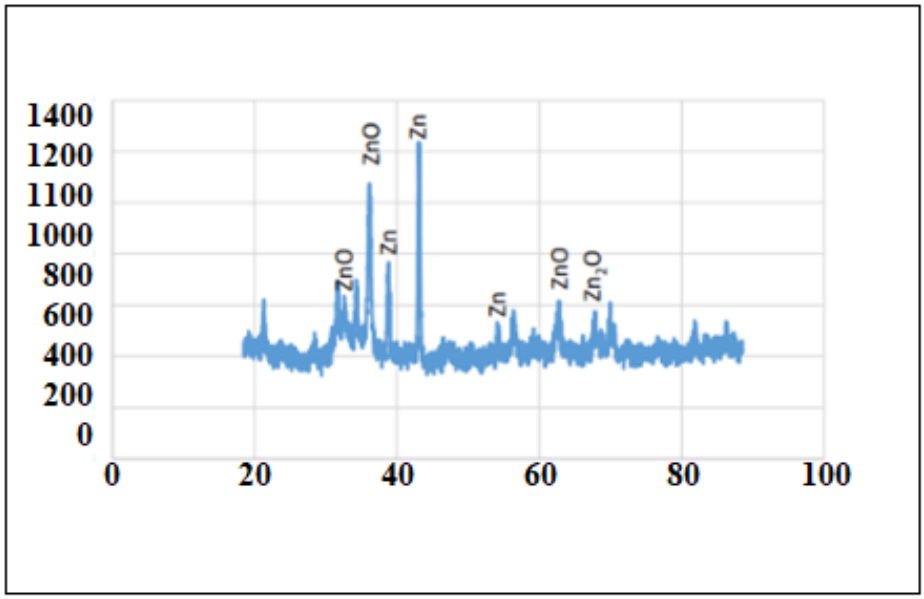
Таблица 1. XRD анализинин негизинде алынган Cu НБ кристаллдык торчосунун параметрлердин маанилери [28].

	Cu көрсөткүчтөрү			CuO көрсөткүчтөрү			Cu_2O көрсөткүчтөрү		
	Cu-Cu	Cu-Cu (э.с.)	Cu-Cu (PVP)	Cu-Cu	Cu-Cu (э.с.)	Cu-Cu (PVP)	Cu-Cu	Cu-Cu (э.с.)	Cu-Cu (PVP)
a(A^o)	3,614	3,615	3,615	-	4,665	-	4,27	-	4,265
b(A^o)	3,614	3,615	3,615	-	3,478	-	4,27	-	4,265
c(A^o)	3,614	3,615	3,615	-	5,114	-	4,27	-	4,265
V(A^{o3})	47,2	47,24	47,23	-	82,05	-	77,78	-	77,59
%	86,5	74,8	67,74	-	25,2	-	13,5	-	32,26

Жыйынтыктар боюнча Cu-Cu (этил спирт) үлгүдө Cu O чыгып, 25,2% түздү. Cu_2O фазанынын кармалышы Cu-Cu (сууда) 13,5% жана Cu-Cu (PVP) үлгүдө 32,26% болуп аныкталган[28].

Жез нанооксиди спирт чөйрөсүндө импульстук плазма методу менен эн жакшы синтезделгендиктен, тагыраак айтканда 25,2% ын түзгөндүктөн, ушул чөйрө бул жумушта колдонулган.

Цинк оксиди



Сүрөт 4. Импульстук-плазма методу менен 80 мл этанол 20 мл сууда синтезделген цинк нанооксидинин рентгенограммасы [29].

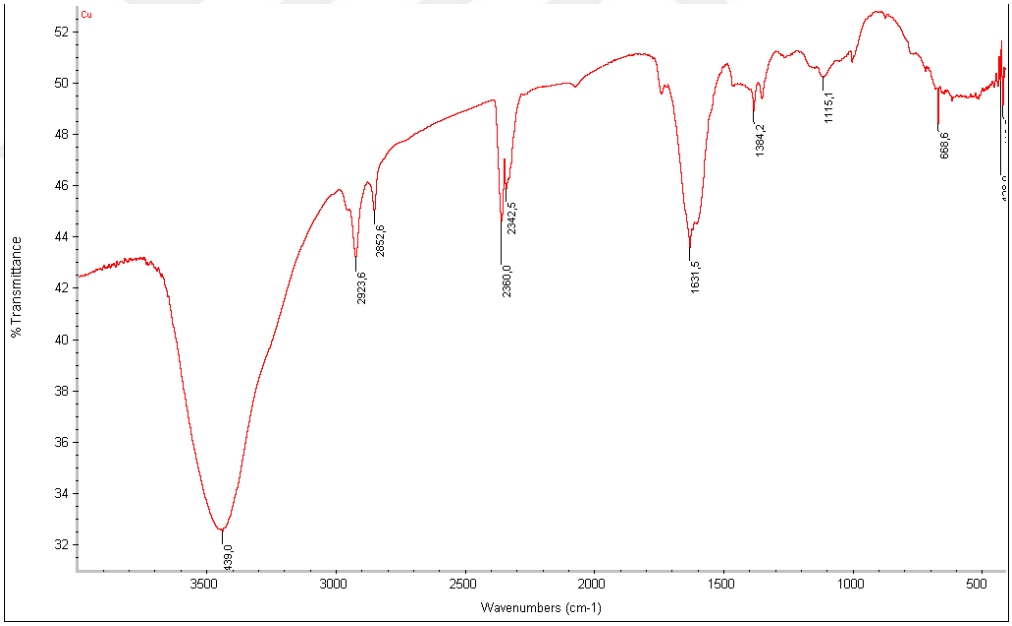
Таблица 2. 80 мл этанол 20 мл сууда синтезделген цинк порошогунун рентгенограммасынын негизинде эсептелинген цинк жана цинк оксиддеринин кармалышы [29].

Цинктин кармалышы	Цинктин кычкылынын (ZnO_2) кармалышы	Цинктин кычкылынын (ZnO) кармалышы
14,8 %	16%	68,2%

Титан оксиди

Нанокристалдуу титандын диоксиди (TiO_2) учурда жарым өткөргүч материал катары илимде, өнөр жайда жан күнүмдүк турмушта кеңири колдонулган эң популярдуу материалдардын бири болуп саналат (мисалы, [30-32] караңыз). Бул кошулмага мындай чоң кызыгуу биринчи кезекте анын физикалык-химиялык

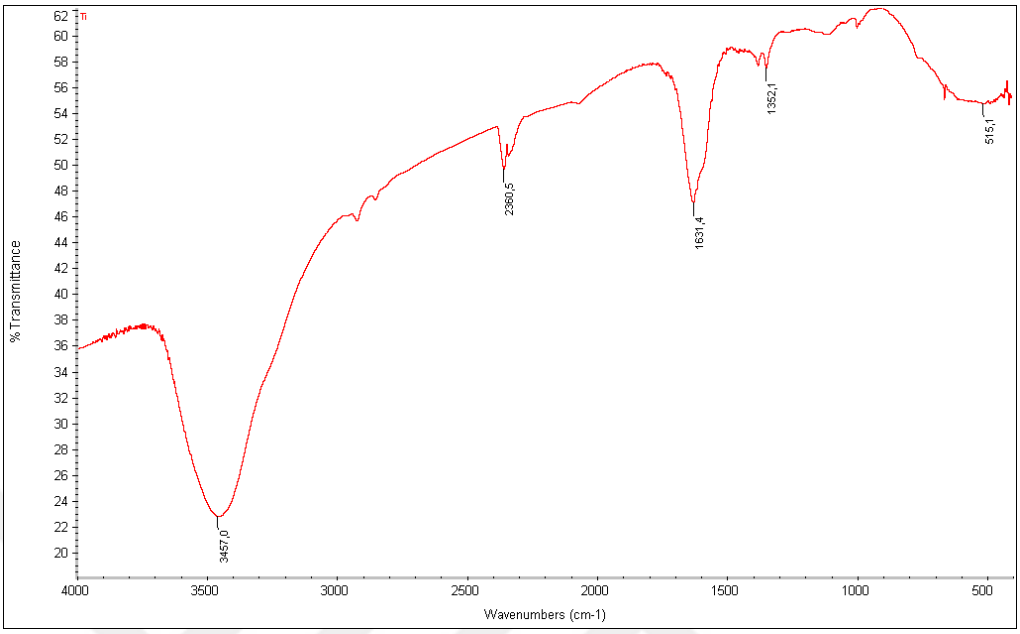
касиеттрине байланыштуу. Ошентип, нанокристаллдык TiO_2 бетинин аянты бир грамм зат үчүн жүздөгөн чарчы метрге жетиши мүмкүн. 3,2-3,6 эВ чегинде диапазондун кеңдиги синтездин ыкмаларына жараша өзгөрөт. TiO_2 өткөргүч тилкесинин энергетикалык абалы бир катар боектордун дүүлүккөн абалынын энергиясы менен дал келет. Бул нанокристаллдык TiO_2 [33-34] негизинде жаңы инъекциялык типтеги күн батереяларын иштеп чыгууга мүмкүндүк берди, Алардын эффективдүүлүгү колдонулган TiO_2 нанобөлүкчөлөрүнүн спецификалык аянтынын өсүшү менен жогорулайт. Мындан тышкары, бул зат бир катар химиялык рекциялар үчүн эффективдүү фотокатализатор болуп саналат [35-36] жана суу менен абанын уулуу органикалык аралашмалардан тазалоо үчүн фильтрлер катары кеңири колдонулат. Мында наноструктуранын эсебинен спецификалык беттин көбөйүшү заттын көлөмдүү фазасын салыштырмалуу фотооксиданттык реакциянын түшүмдүүлүгүн бир нече даражага жогорулатууга мүмкүндүк берет.



Сүрөт 5. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн ИК спектрограммасы.

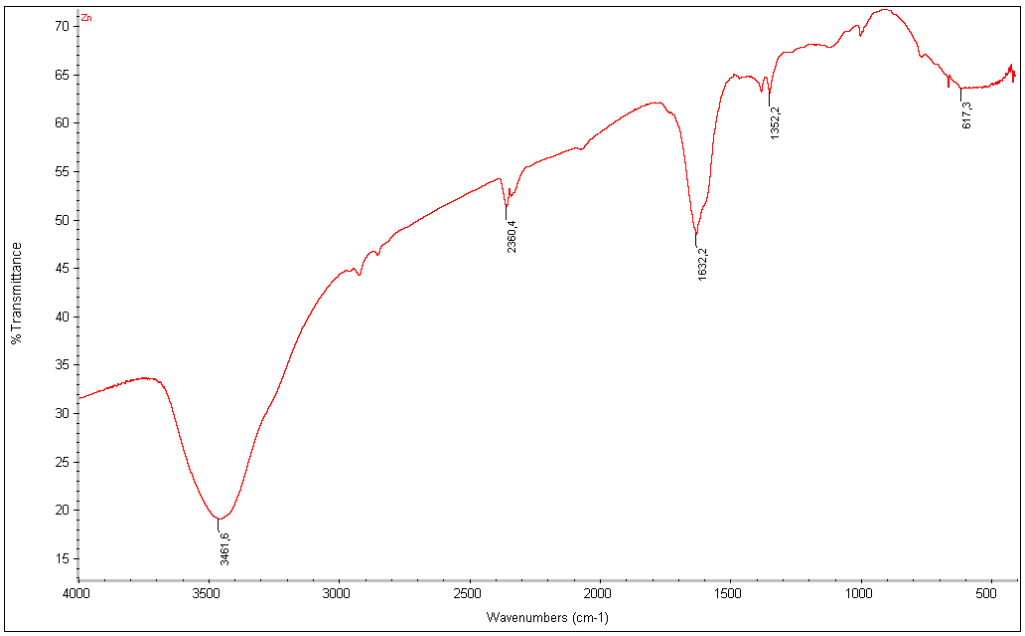
Жогорудагы ИК спектрограммадан 617 $см^{-1}$ (49 %) жыштыгындагы жутулуу жез оксидинин торчосундагы валенттик термелүүлөрүнө ν_{Cu-O} туура келет [34]. Ал эми 668 $см^{-1}$ (48 %) ден 1352 $см^{-1}$ (50 %) жогорку интенсивдүүлүктөгү жыштыктар болсо, кычкылтек атомунун жез катиондорунун бетинин аракетинен пайда болгон тилкелер [38]. Ошондой эле 418 $см^{-1}$ ден 438 $см^{-1}$ ге чейинки аралыктагы

интенсивдүү жыштыктар Cu^{+1} – О тилкесинин жыштыгы [37]. Бул жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн бул нанокаптоодо алынгандыгын далилдейт.



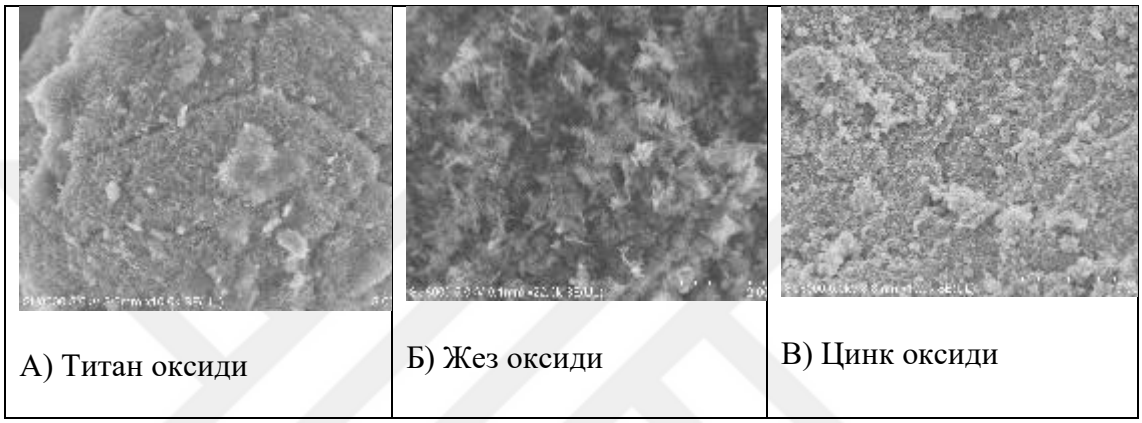
Сүрөт 6. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн ИК спектрограммасы.

Ик спектрограммадан 668 $см^{-1}$ ден 850 $см^{-1}$ аралыгында титан диоксидине тиешелүү валенттик термелүүлөр ν(Ti-O) туура келет [39]. Ал эми бул спектрограммада интенсивдүүлүгү 54% да көрсөтүлгөн. ИК спектрометринин жогорку интенсивдүүлүгү 61, 56 % түзөт.



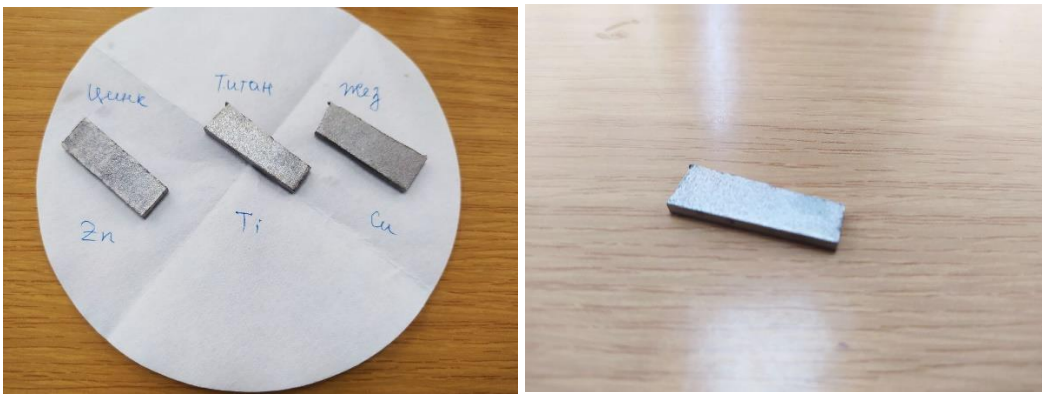
Сүрөт 7. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн ИК спектрограммасы.

Сүрөт 8 деги спектрограммада цинк оксидинин нанобөлүкчөсүн аныктоо үчүн пиктер алынган. 668 $см^{-1}$ ден 1003 $см^{-1}$ аралыгында жогорку интенсивдүүлүктөгү жыштыктарда Zn=O Zn-O байланыштарынын термелүүсү менен түшүндүрүлөт [40-41-42]. ИК-спектрометринин жогорку босогосу 71%. Буга ылайык 68 % башкача айтканда жогорку интенсивдүүлүктөгү көрсөткүчтөр болгондуктан, бул нанобөлүкчө цинк оксиди деп айта алабыз.

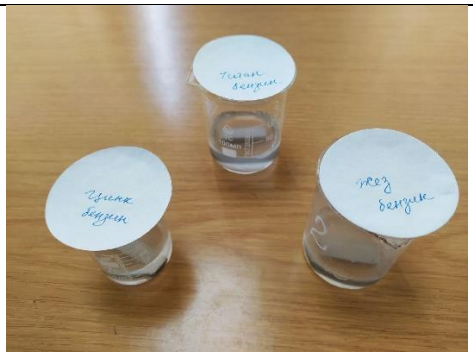


А) Титан оксиди | Б) Жез оксиди | В) Цинк оксиди

Сүрөт 8. Импульстук плазма методу менен алынган оксиддердин ТЕМ аппаратында алынган жыйынтыктар.



Сүрөт 9. Нанокаптоо алынган пленкалар.



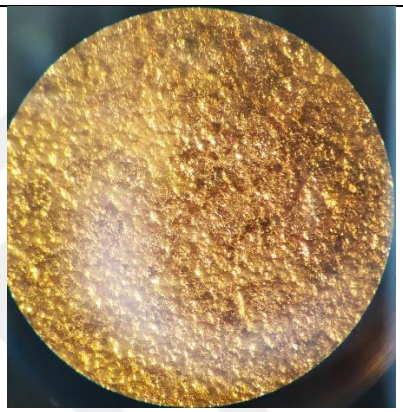
А) Нано каптоолор эритмелердин ичинде



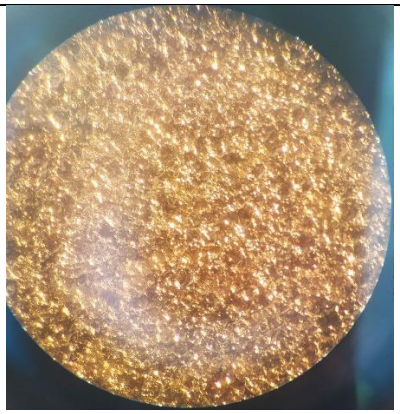
Б) Тазаланган эритмелер



В) Тазаланган эритмелер



Г) Нано каптоонун микроскоптон алынган сүрөттөлүшү

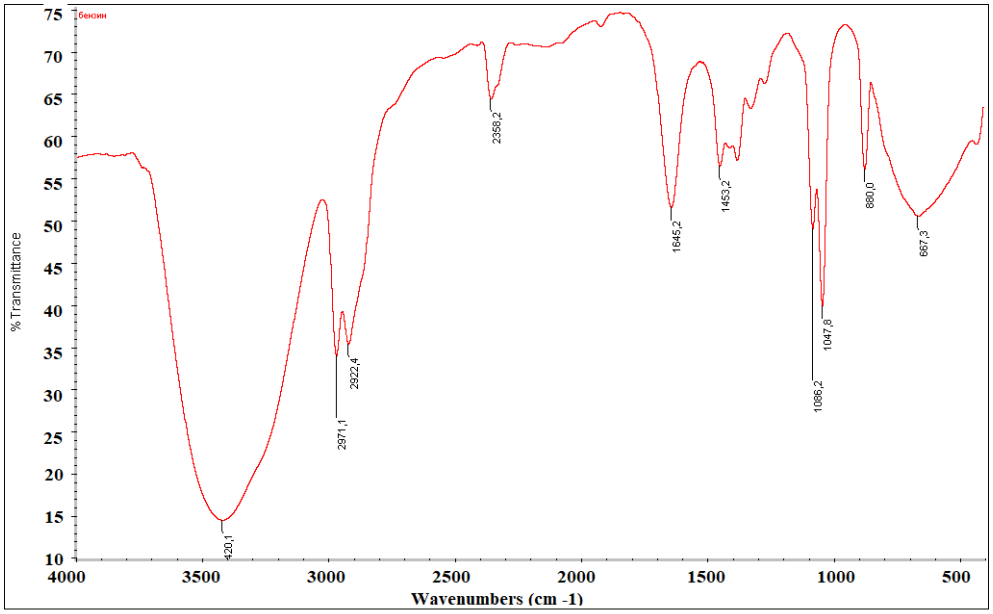


Д) Нано каптоонун микроскоптон алынган сүрөттөлүшү



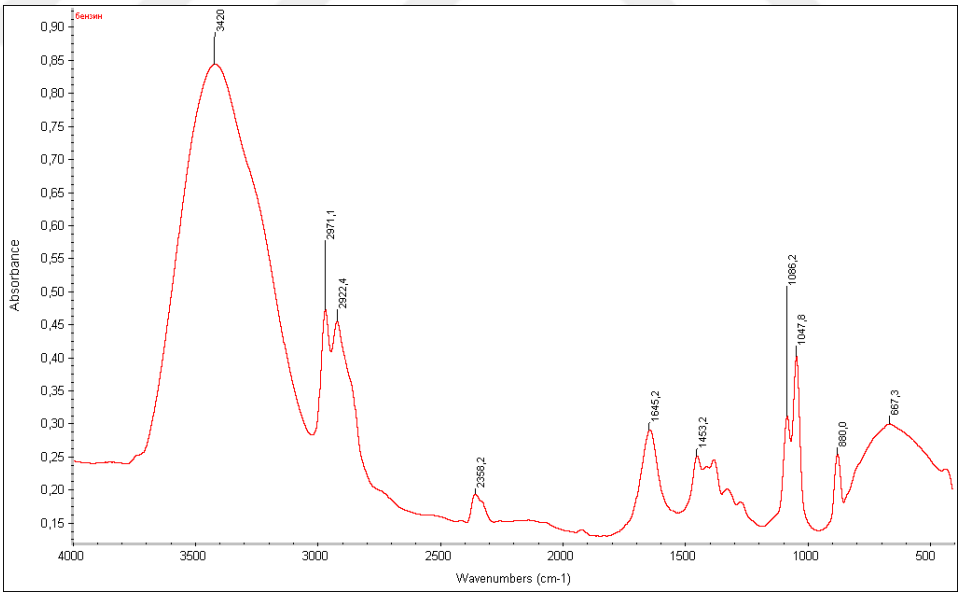
Е) Нано каптоонун микроскоптон алынган сүрөттөлүшү

Сүрөт 10. Тажрыйбадан алынган үлгүлөр.

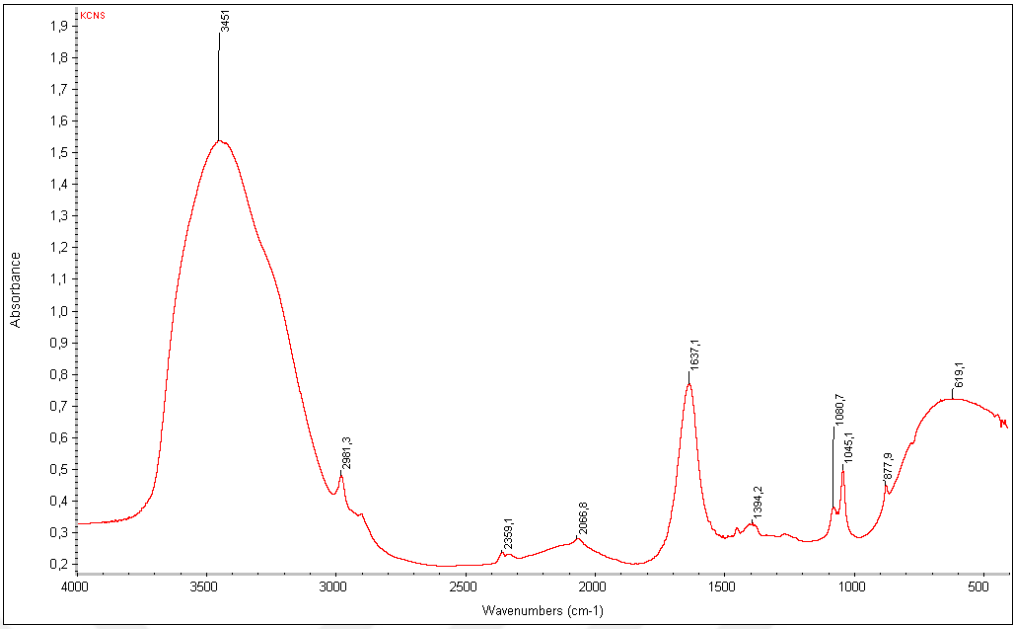


Сүрөт 11. Бензин эритмесинин баштапкы спектрограммасы (% менен).

Бул спектрограммадан бензин эритмесинин баштапкы интенсивдүүлүгү 1047,8 см$^{-1}$ жыштыгында 38% ды түзөт. Адабияттарга ылайык бензин ИК спектрде 700-1100 см$^{-1}$ жыштыгында орун алат[43].

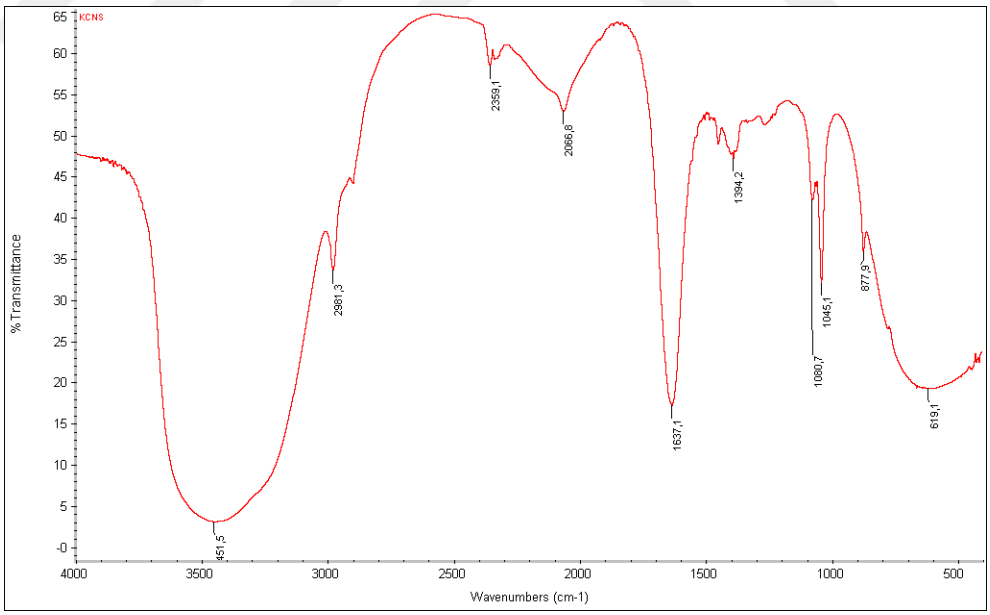


Сүрөт 11а. Бензин эритмесинин баштапкы спектрограммасы (% менен).

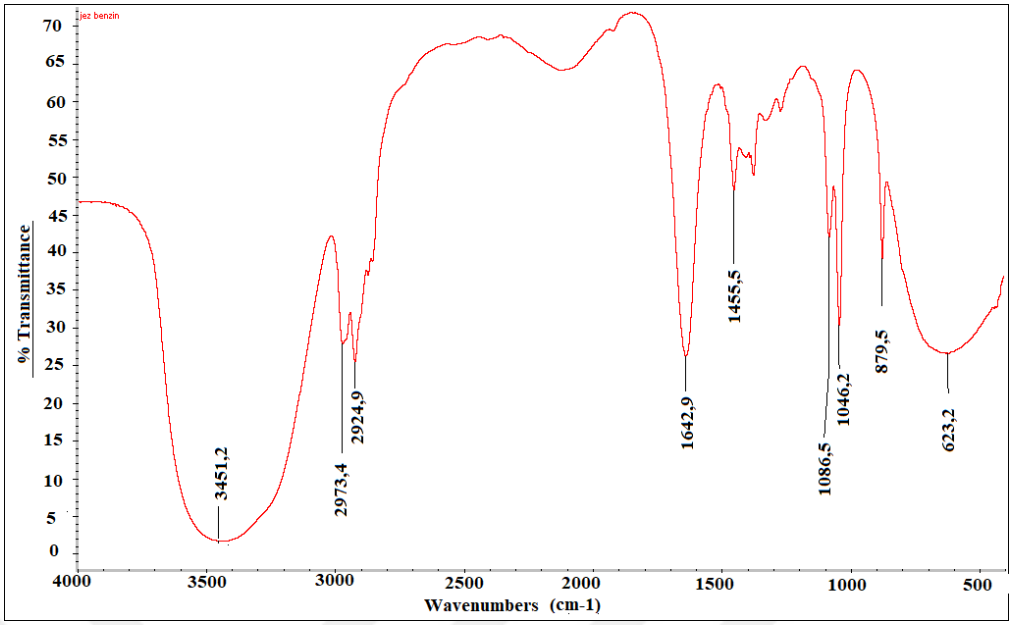


Сүрөт 12. Калий роданидинин баштапкы спектрограммасы (абсорбанс менен).

Спектрограммадан калий роданидинин адабияттарга ылайык жыштыгына эң жакыны 2066,8 $см^{-1}$ тилкеси. Негизги роданиддер 2200-2050 $см^{-1}$ тилкелер арасында күчтүү валенттик термелүүлөрдү көрсөтөт [43].

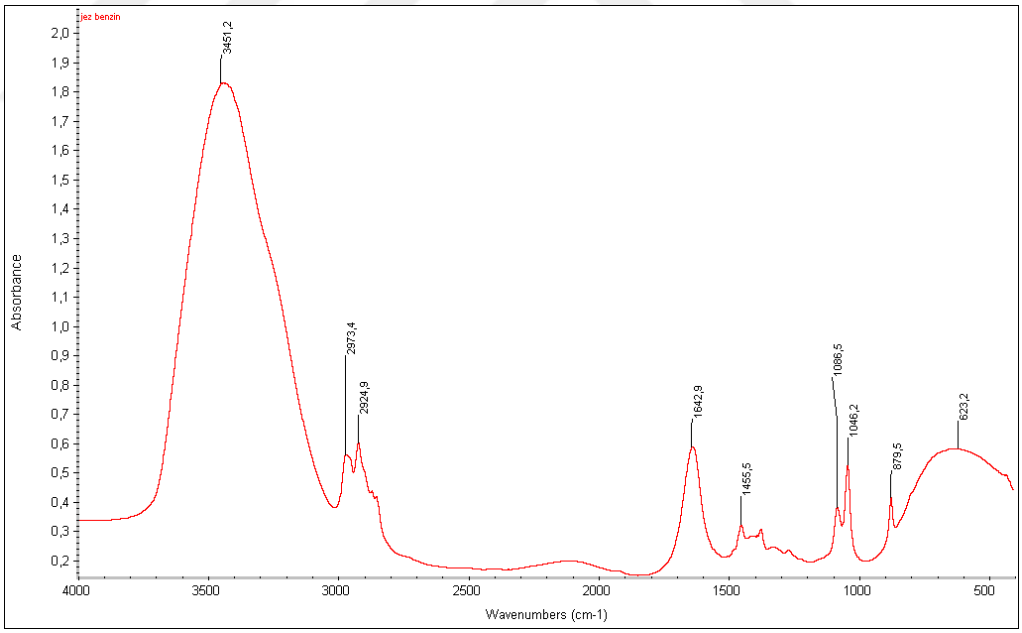


Сүрөт 12а. Калий роданидинин баштапкы спектрограммасы (% менен).

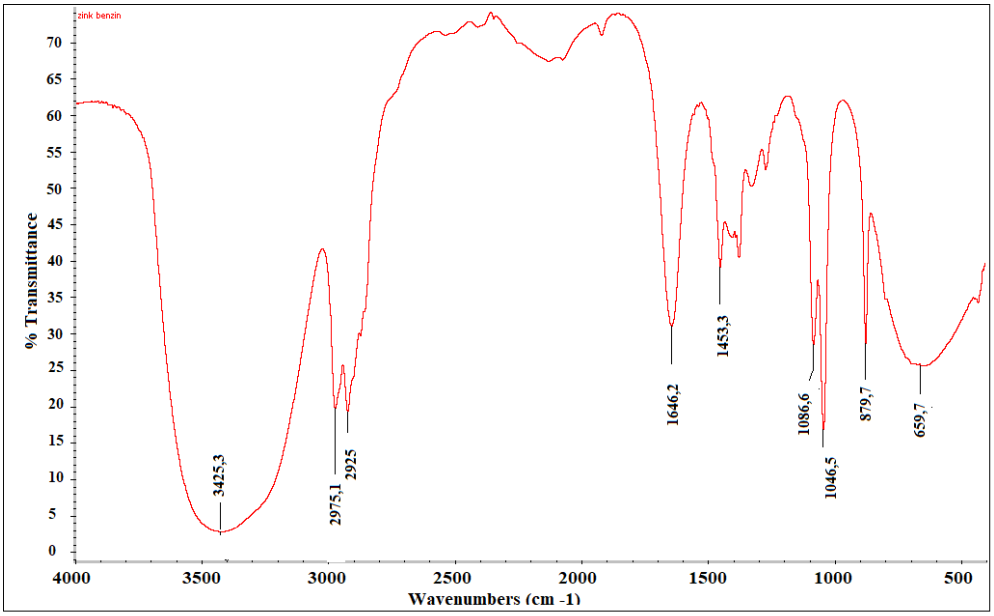


Сүрөт 13. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

Бул спектрограммадан баштапкы абалдан 42% дагы бензиндин интенсивдүүлүгү 32 %га түшкөндүгүн байкасак болот.

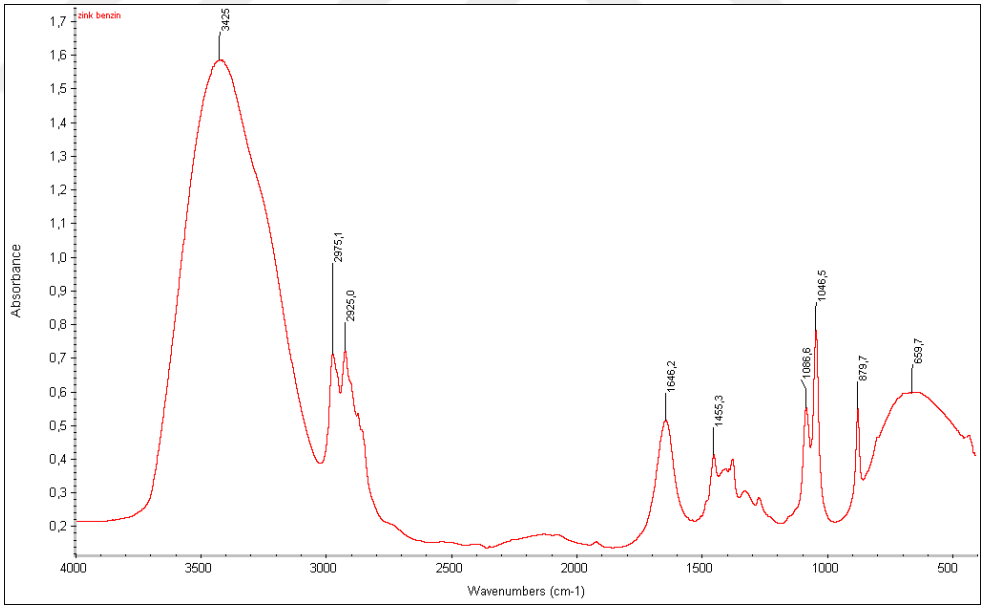


Сүрөт 13а. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири

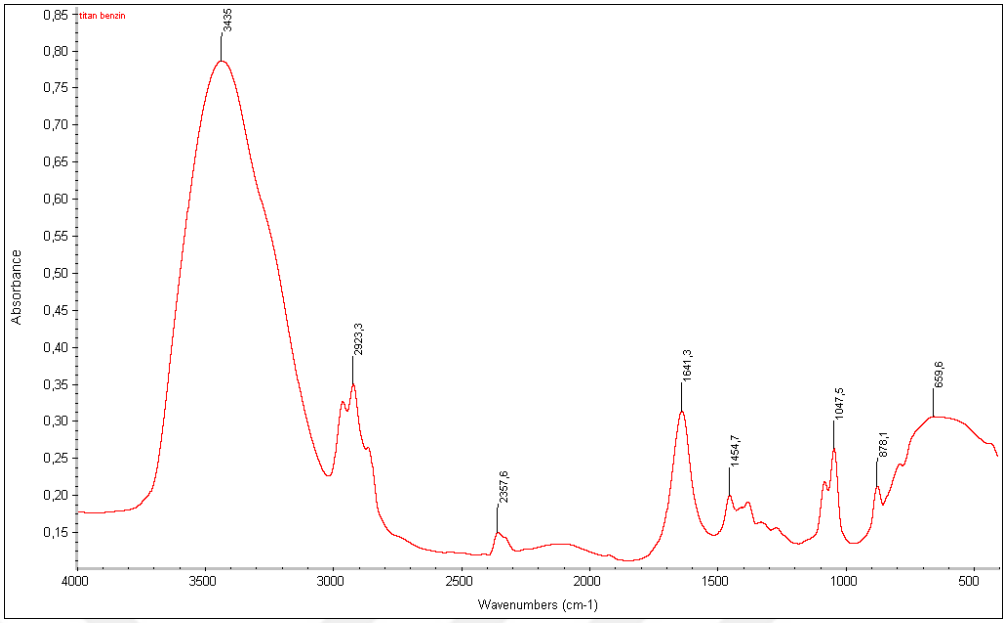


Сүрөт 14. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

Спектрограмма цинк оксидинин таасири менен бензин интенсивдүүлүгү баштапкы абалдан 16 %га чейин төмөндөгөнүн көрсөтүүдө.

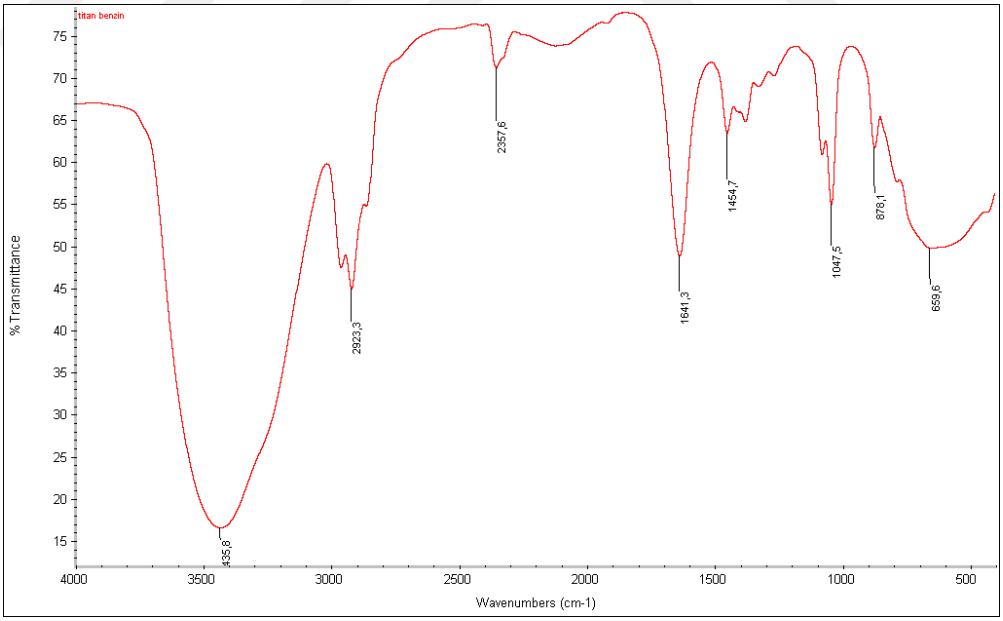


Сүрөт 14а. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

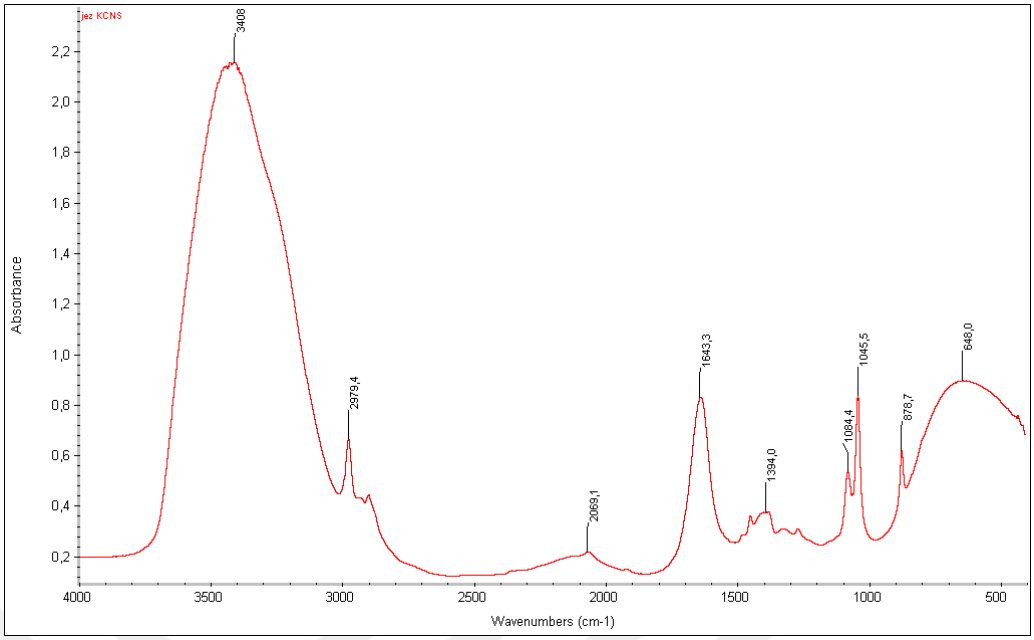


Сүрөт 15. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

Бул сүрөттө титан оксидинин бензинге тийгизген таасиринин спектрограммасы берилген. Анда баштапкы абалдан 0,40 абсорбция бирдигинен 0,26 абсорбция бирдигине чейин түшкөнүн көрүүгө болот.

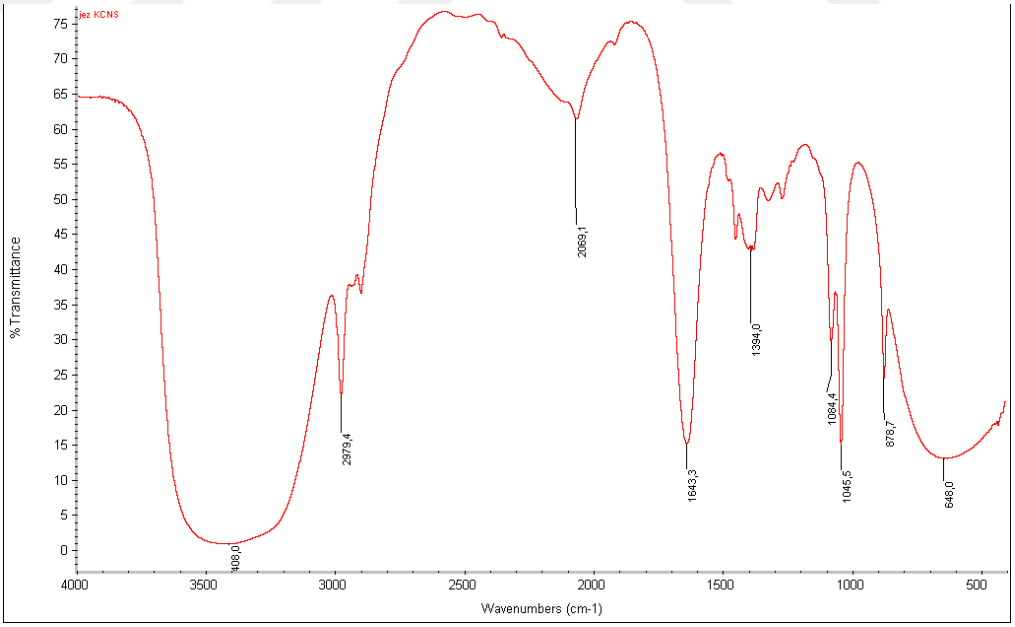


Сүрөт 15а. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн бензин эритмесине таасири.

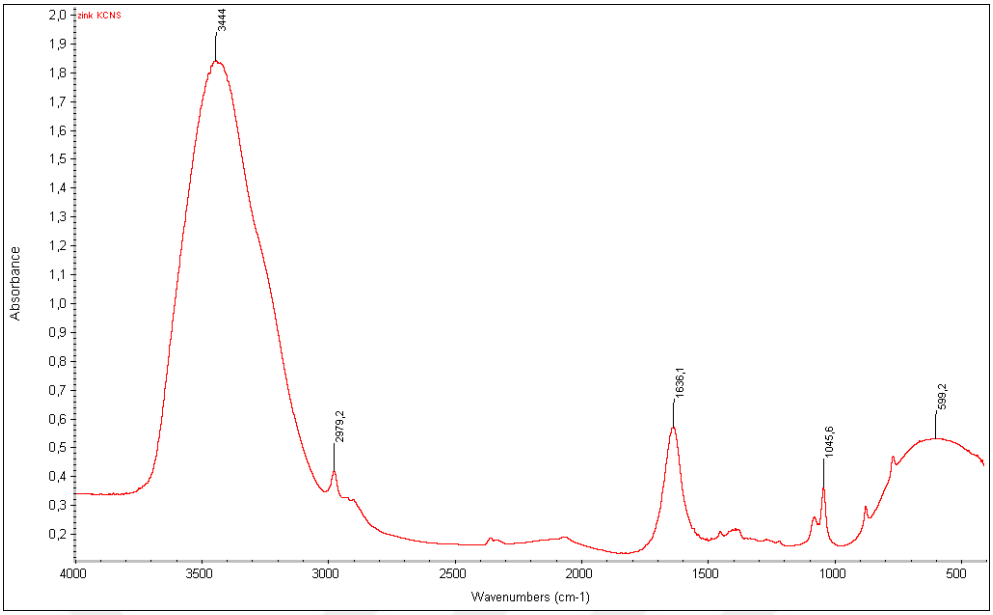


Сүрөт 16. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

Спектрограммадан баштапкы абалдан 0,22 абсорбция бирдигине чейин түшкөнүн көрөбүз.

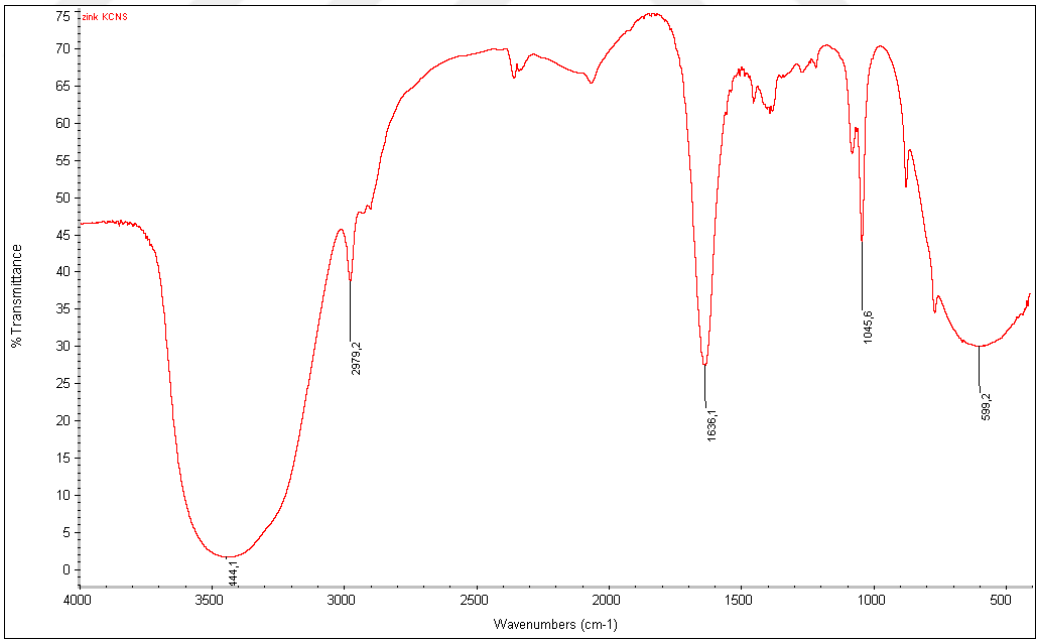


Сүрөт 16а. Жез оксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

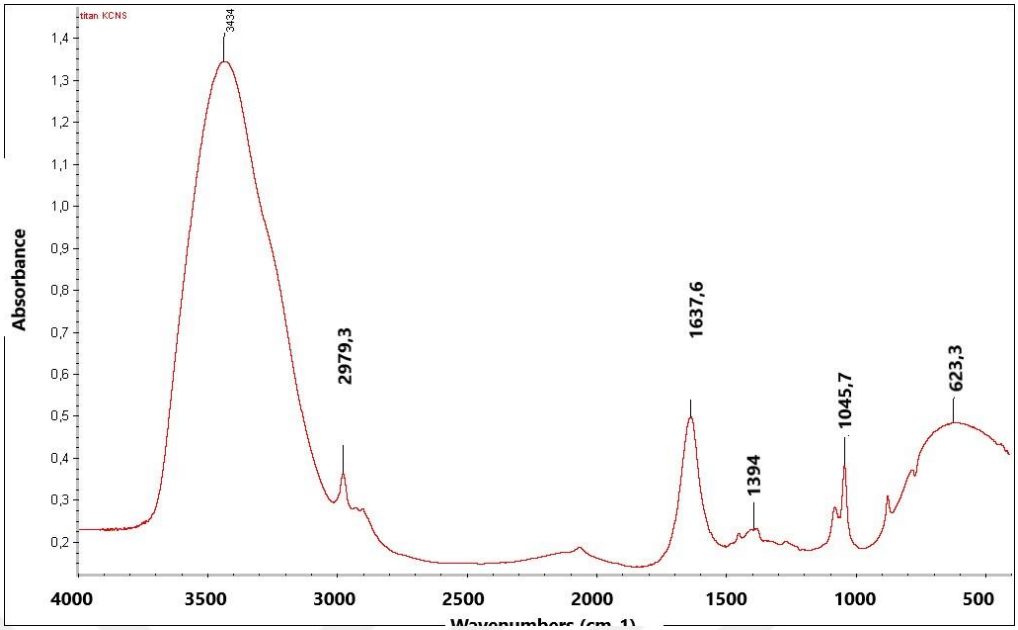


Сүрөт 17. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

Спектрограммадан цинк оксидинин таасири менен 0,28 абсорбциядан 0,18 абсорбция бирдигине чейин түшкөнүн байкайбыз.

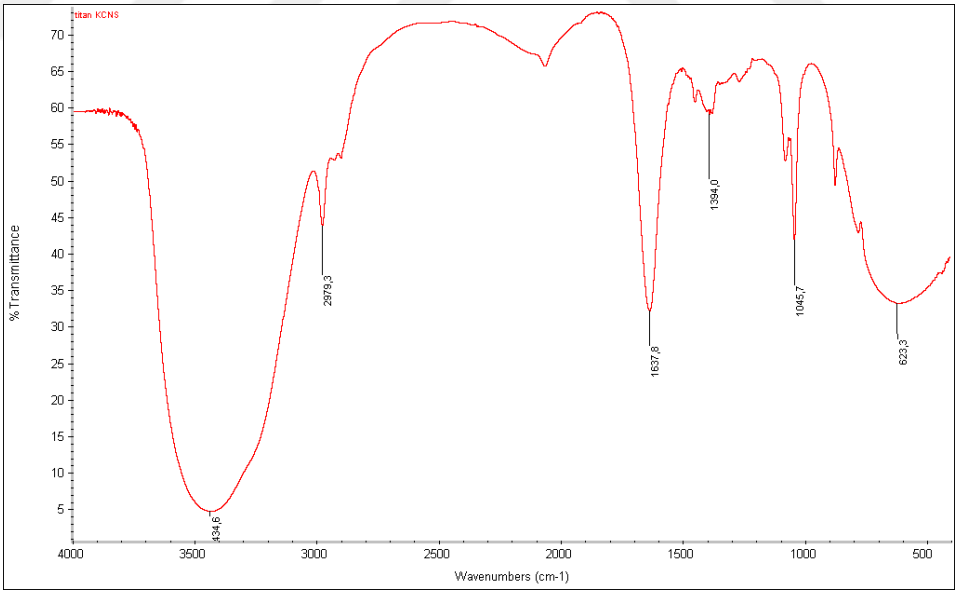


Сүрөт 17а. Цинк оксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.



Сүрөт 18. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

Бул спектрограммада баштапкы абсорбциядан 0,18 абсорбция бирдигине чейин төмөндөгөнүн көрөбүз.



Сүрөт 18а. Титан диоксидинин нанобөлүкчөсүнүн калий роданид эритмесине таасири.

Жогорудагы алынган спектрограммалардын баардыгында 3500 $см^{-1}$ ден 3700 $см^{-1}$ ге чейинки арлыкта чыккан пиктер бар, бул баардык үлгүлөрдө этанолдун бардыгын, тагыраак айтканда OH^- тобун көрсөтөт. Ал эми 1600 $см^{-1}$ ден 1700 $см^{-1}$ ге чейинки аралыктагы пиктердин чыгышы суу, тагыраак айтканда H-O-H термелүүлөрүн мүнөздөйт [43].

Аба тазалоо

Аба тазалоодо теориялык ыкма колдонулду, башкача айтканда математикалык модель аркылуу нанобөлүкчөлөр менен абадагы көмүр кычкыл газын адсорбцияланышынын модели түзүлдү. Бул үчүн төмөнкүдөй иштер аткарылды.

Адсорбция жана десорбция процесстеринин математикалык модели. Материалдык баланс теңдемелерин жазганда, биз төмөнкү божомолдорду жасайбыз:

- адсорбция процесси изотермикалык шарттарда ишке ашат;

- абанын (газдын) агымы идеалдуу орун алмаштыруу модели менен сүрөттөлөт.

19-сүрөттө көрсөтүлгөндөй адсорбердеги бийиктиги Δh болгон адсорбент катмарынын элементин бөлүп алалы.

Материалдык баланстын теңдемеси:

$$\varepsilon \frac{dc}{dt} = -\omega_0 \frac{dc}{dh} - \frac{\rho_{hac}}{\rho} \frac{da}{dt}. \qquad (1)$$

(19) туюнтмасында үчүнчү мүчө убакыт бирдигинде аба агымынан адсорбцияланган адсорбаттын көлөмү, ошондуктан [44] ылайык, биз

$$\frac{da}{dt} = \frac{f}{\rho_{hac}} K_y - \big(c - c^*(a)\big), \qquad (2)$$

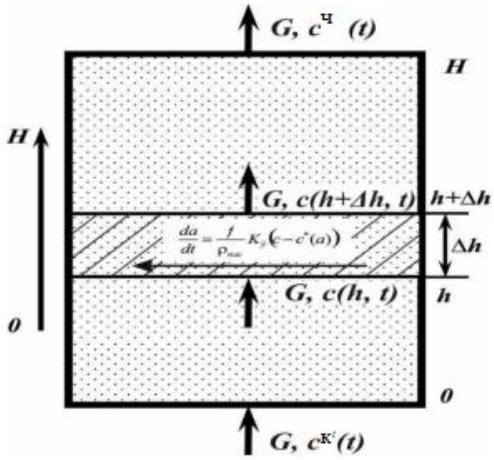
жаза алабыз.

Мында c*(a) – адсорбенттеги сиңирилген заттын масса үлүшү менен тең салмактуу болгон газ агымындагы адсорбаттын массалык үлүшү, кг/кг; f – адсорбенттин спецификалык бетинин аянты, $м^2/м^3$; Ку – масса өткөрүү коэффициенти, кг/($м^2$ *с).

(1) – (2) теңдемелердин системасында c, a жана c* үч белгисиз бар, ошондуктан аны чечүү үчүн адсорбциялык изотерма теңдемесин жазуу керек.

$$a = f(c^*) = f(p), \qquad (3)$$

мында p – газдагы сиңирилген заттын парциалдык басымы.



19-сүрөт. Бийиктиги Δh болгон адсорбент катмарынын элементиндеги адсорбция процессинин схемасы

(1), (2) жана (3) теңдемелердин системасы жабык жана адсорбердин узундугу боюнча сиңирүүчү заттын концентрация профилдерин (фронттук) жана адсорбердин иштөө убактысын "жарык" учуруна чейин аныктоого мүмкүндүк берет [45].

simulink симуляциясы. Адсорбердеги процесстерди математикалык моделдөө үчүн биз Simulink интерактивдүү графикалык моделдөө чөйрөсүн колдонобуз, ал дискреттик, үзгүлтүксүз жана гибриддик, сызыктуу эмес жана өзгөчөлүгү бар моделдерди камтыган багытталган графиктер түрүндөгү блок-схемаларды колдонуу менен динамикалык моделдерди түзүүгө мүмкүндүк берет. Мындан тышкары, Simulink чөйрөсү башкаруу системаларын куруу, моделдөө жана изилдөө үчүн куралдарды камтыйт, алар симуляциялоого мүмкүндүк берет.

бир интеграцияланган чөйрөдө процесс жана башкаруу системасы. Бул ыкма аскердик максаттар үчүн кыймылдуу аба бөлүү бөлүмдөрүндө абаны тазалоо процессин башкаруунун автоматташтырылган системасын иштеп чыгуу милдетин бир топ жеңилдетет [46].

Жогоруда көрсөтүлгөндөй, сиңирилген заттын адсорбция процесси теңдемелер системасы аркылуу сүрөттөлөт, ал жарым-жартылай туундулардагы бир теңдемени жана бир кадимки дифференциалдык теңдемени камтыйт.

$$\varepsilon \frac{dc}{dt} = -\omega_0 \frac{dc}{dh} - \frac{\rho_{hac}}{\rho} \frac{da}{dt}.$$

$$\frac{da}{dt} = \frac{f}{\rho_{hac}} K_y - \left(c - c^*(a)\right), \qquad (4)$$

$$a = f(c^*) = f(p),$$

(4) системасынын биринчи теңдемесинде мейкиндик туундунун бар экендигин эске алып, аны концентрациялуу туундуну алмаштыруу менен $\frac{dc(h,t)}{dh}$ туюнтмасы аркылуу дискреттейли.

$$\frac{dc(h,t)}{dh} \approx \begin{cases} \dfrac{c(t) - c_0(t)}{\Delta h} \\ \dfrac{c_i(t) - c_{i-1}(t)}{\Delta h} \\ \dfrac{c_I(t) - c_{I-1}(t)}{\Delta h} \end{cases} \qquad (5)$$

Андан кийин (5) эске алуу менен (4) системадан жарым-жартылай дифференциалдык теңдемени төмөнкүчө жазууга болот

$$\begin{cases} \dfrac{dc_1(t)}{dt} = -\dfrac{\omega_0}{\varepsilon}\left[\dfrac{c_0(t)-c_1(t)}{\Delta h}\right] - \dfrac{f}{\rho\varepsilon}K_y - (c_1(t) - c^*(a(t))) \\ \dots \\ \dfrac{dc_i(t)}{dt} = -\dfrac{\omega_0}{\varepsilon}\left[\dfrac{c_i(t)-c_{i-1}(t)}{\Delta h}\right] - -\dfrac{f}{\rho\varepsilon}K_y - (c_i(t) - c^*(a(t))) \\ \dots \\ \dfrac{dc_i(t)}{dt} = -\dfrac{\omega_0}{\varepsilon}\left[\dfrac{c_I(t)-c_{I-1}(t)}{\Delta h}\right] - -\dfrac{f}{\rho\varepsilon}K_y - (c_I(t) - c^*(a(t))) \\ c_i(0) = f(h_i), i = 1 \dots L, c_0(t) = \varphi(t) \end{cases} \quad (6)$$

Биз координат боюнча бөлүнүү чекиттерине учурдагы концентрациясынын векторун жана баштапкы шарттардын векторун койдук

$$C(t) = \begin{pmatrix} c_1(t) \\ \dots \\ c_i(t) \\ \dots \\ c_{I.}(t) \end{pmatrix}, C_0 = \begin{pmatrix} c_{0,1} \\ \dots \\ c_{0,i} \\ \dots \\ c_{0,I.} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

Туундуну матрицалык туюнтма катары көрсөтөбүз

$$\frac{dc(h,t)}{dh} \approx \begin{cases} \dfrac{c(t)-c_0(t)}{\Delta h} \\ \dots \\ \dfrac{c_i(t)-c_{i-1}(t)}{\Delta h} \approx AC(t) + B(t), \\ \dots \\ \dfrac{c_{I.}(t)-c_{I.-1}(t)}{\Delta h} \end{cases} \quad (8)$$

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ -1 & 1 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & \dots & -1 & 1 & 0 \\ 0 & \dots & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix} -$$ биринчи туундунун ажыроо матрицасы, (9)

$$B(t) = \begin{pmatrix} c_o(t) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} -$$ шартты аныктоочу вектор (10)

Андан кийин (6) – (10) эсепке алып, (4) системасын

$$\begin{cases} \frac{dC(t)}{dt} = -\frac{\omega_0}{\varepsilon \Delta h}[AC(t) + B(t)] - -\frac{f}{\rho\varepsilon}K_y - (C(t) - c^*(a(t))) \\ \frac{da}{dt} = \frac{f}{\rho\varepsilon}K_y - (C(t) - c^*(a)) \\ a = f(c^*) \\ C(0) = C_0, a(0) = a_0 \end{cases} \quad (11)$$

деп жазабыз.

3-таблицада баштапкы маалыматтар

Таблица 3. Баштапкы маалыматтар.

Параметрлердин аталышы	Чоңдугу	Бирдиги
Чөйрөнүн темпкратурасы	-23 төн 27	^{0}C
Компрессордук агрегаттардын өндүрүмдүүлүгү	500	м^3 /саат
Адсорбердин кире беришиндеги абанын температурасы	10	^{0}C
Адсорбердеги басымы	18...20	МПа
Адсорбердин ички диаметри		м
Адсорбент каптамынын бийиктиги		м
Адсорбент тиби	TıO CuO	

	ZnO	
Чыныгы адсорбент тыгыздыгы	4505	кг/м^3
Адсорбенттин массасынын тыгыздыгы	5610	
Адсорбенттин массасынын тыгыздыгы	6310	
Адсорбенттин массасынын тыгыздыгы	4230	
Адсорбент гранулаларынын орточо геометриялык өлчөмдөрү - гранул диаметри - гранул узундугу	 100 100	 нм нм
Тазаланбаган абадагы CO_2 массасынын үлүшү	0,04 (0,000614)	% кг/кг
Адсорберден кийин абадагы CO_2 калдыктарынын концентрациясы	10 ($1,54*10^{-5}$)	См^3/м кг/кг

5-БӨЛҮМ

Корутунду

Нанокаптоодо, жез оксиди спектрограммадан 83% интенсивдүүлүктү, титан диоксиди 87% интенсивдүүлүктү, цинк оксиди 95,77%% интенсивдүүлүктү көрсөттү. Суудагы бензиндин концентрациясы баштапкы 42% интесивдүүлүктөн жез оксидинде 32 %га, титан оксидинде 27%га, цинк оксидинде 16% га чейин төмөндөгөн. Ал эми суудагы калий роданидинин абсорбция интенсивдүүлүгү баштапкы 0,28 абсорбциядан, жез оксидинде 0,22, титан оксидинде 0,18, цинк оксидинде 0,18 абсорбция бирдигине түшкөндүгүн көрсөттү.

Алынган жыйынтыктардын натыйжасында импульстук плазма методу менен алынган каптоодо металлдардын оксиддеринин нанобөлүкчөлөрү алынгандыгын жогорудагы жыйынтыкка ылайык; ИК спектрограммадан 617 $см^{-1}$ (49 %) жыштыгындагы жутулуу жез оксидинин торчосундагы валенттик термелүүлөрүнө ν_{Cu-O} туура келгенинен, 668 $см^{-1}$ ден 850 $см^{-1}$ аралыгында титан диоксидине тиешелүү валенттик термелүүлөр ν(Ti-O) туура келгенинен, 668 $см^{-1}$ ден 1003 $см^{-1}$ аралыгында жогорку интенсивдүүлүктөгү жыштыктарда Zn=O Zn-O байланыштарынын термелүүсү менен түшүндүрүлгөнүнөн көрүүгө болот. Буга ылайык метод нанокаптоо алууга мүмкүн экенин түшүнсөк болот. Ал эми алынган каптоолор техникалык булгануу га учураган сууну тазалоо мумкүнчүлүгү да бар экенин анализатордун спектрограммасынан түшүнүүгө болот.

Бул корутундунун негизинде импульстук плазма ыкмасынын жаңы перспективаларын ачып жатабыз десек болот. Мындан аркы жумуштарга дагы, көптөгөн анализаторлордун жана приборлордун жардамы менен келечекте аба жана суу фильтрлерин жасоо мүмкүнчүлүгү ачылып жатат. Нано каптоо алуу процессин ушул бойдон калтырбастан, дагы да өнүктүрүү жана дагы да кеңири изилдөө иштерин жүргүзүү менен мындан ары изилдөөлөрдү улантып кетүү биздин колубузда.

Адабияттар

1. www.ohchr.org/EN/Issues/WaterAndSanitation/SRWater/Pages/SRWaterIndex.aspx./20.05.2022
2. Саляхова М.А. Канд. Диссертация. Разработка фотокаталитических композиционных материалов с применением наноразмерного диоксида титана. Казань. 2015.
3. https://school-science.ru/2/2/30216/20.05.2022
4. www nanoforum.org. 20.05.2022
5. Елисеев А.А., Лукашин А.В. Функциональные наноматериалы. (Подред. Ю.Д. Третьякова). М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 456 .
6. Максимов А.И., Мошников В.А., Таиров Ю.М., Шилова О.А. Основы золь гель технологии нанокомпозитов. СПб.: ООО “Техномедиа” / Изд-во “Элмор”, 2007. 255с
7. Г.Г. Талуда жана Н.Н. Носковой. Структура и свойства нанокристаллических материалов.. Екатеринбург. Изд-воУрО РАН, 1999. 123-140 – бет
8. Методы получения наноразмерных материалов. УГУ. Екатеринбург 2007 – 6 -63-бет
9. . G. Krantzberg, A. Tanik, J.S.A. do Carmo, A. Indarto, and A. Ekda, Advances in water quality control, Scientific Research Publishing, 2010
10. W. Zhang, Nanotechnology for water purification and waste treatment, in Frontiers in Nanotechnology, U.S. EPA Mil lennium Lecture Series, Washington, DC, 2005
11. C. Kunze, R. Schulz, L. Teunchens, and L.V. Velzen, Envi ronmental remediation of radioactively contaminated sites, Environmental Radiation Survey and Site Execution Manual (EURSSEM), 2010.
12. , Y.C. Sharmaa, V. Srivastava, V.K. Singh, S.N. Kaul, and C.H. Weng, Nano-adsorbents for the removal of metallic pollutants from water and wastewater, Environ. Technol. 30 (2009), pp. 583–609.
13. B. van der Bruggen, M. Manttari, and M. Nystrom, Drawbacks of applying nanofiltration and how to avoid them: a review, Separat. Purificat. Technol. 63 (2008), pp. 251–263.

14. N. Hilal, Al-Zouhi, H.A. Darwish, A.W. Muhammad, and M.A. Arabi, A comprehensive review of nanofiltration mem branes: Treatment, pretreatment, modelling, and atomic force microscopy, Desalination 170 (2004), pp. 281–308.
15. D. Mamadou, J.S. Duncan, N. Savage, A. Street, and R.C. Sustich, Nanotechnology applications for clean water, William Andrew Inc., Norwich, NY, 2009.
16. Ю.П.Солнцев Нанотехнологии и специальные материалы. Учебное пособие для ВУЗов. – Спб.: ХИМИЗДАТ, 2009 – 336 с.: ил. ISBN 978-5-93808-177-2. 159 с.
17. М. А. Ахметов. Введение в нанотехнологии. Химия. УГУ. АНО «Образовательный центр «Участие», 2011. 4 – 11 -бет
18. М.К.Роко, Р.С.Уильямса жана П.Аливисатоса. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления развития. М.: Мир, 2002. 54-63-бет
19. 10. Frantzen A., Scheidtmann J., Frenzer G. et al. Hochdurchsatzmethode zur impedanzspektroskopischen Charakterisierung resistiver Gas-Sensoren . Angewandte Chemie. 2004. V.116. 770-773
20. C. Buzea, I.I.P. Blandino, and K. Robbie, Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity, Biointerphases. 2 (2007), pp. MR17–MR172.
21. D. Aaron and D. Tsouris, Separation of CO2 from flue gases: a review, Separat. Sci. Technol. 40 (2005), pp. 321–348.
22. European Commission, Communicating nanotechnology. Why, to whom, saying what and how? 2010. Available at http://cordis.europa.eu/nanotechnology/ 20.05.2022
23. 2360 F. Wickson, K.N. Nielsen, and D. Quist, 2011, Nano and the environment: potential risks, real uncertainties and urgent issues, GenØk Biosafety Brief 2011/01
24. M.A.H. Hyder, Nanotechnology and environment: potential application and environmental implications of nanotech nology. Master thesis, Technical University of Hamburg Harburg, Germany, 2003.
25. B. Metz, O. Davidson, H. de Coninck, M. Loos, and L. Meyer, Carbon dioxide capture and storage, Cambridge University Press, Cambridge, 2005.

26. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Изд. 2-е, исправленное и дополненное. М.: Наука-Физматлит, 2007. 416 с.
27. Emil Omurzak et al., Synthesis Method of Nanomaterials by Pulsed Plasma in Liquid. J. Nanosci. Nanotechnol. 7(9):3157-9 · September 2007.
28. Европейский портал нанотехнологий [Электронный ресурс]. – URL
29. Г.Уметова. Күмүш-жез нанокомпозиттерин синтездөө жана алардын касиеттерин изилдөө:дис.тех.илим.магистри: 25.12.2019. – Кыргыз – Түрк Манас Университети, Бишкек 2019 – 29 – 52-б.
30. М. Ажиева. Цинк кычкылынын нанобөлүкчөлөрүн синтездөөдө эксперименталдык шарттардын таасири: 25.06.2019. Кыргыз-Түрк Манас Университети, Бишкек 2019 – 35-б.
31. M. Schiavello (Ed.), Photoelectrochemistry, Photocatalysis and Photoreactors, Reidel Publ. Co., Dordrecht, 1985.
32. K. I. Zamaraev, Photocatalytic Conversion of Solar Energy, Vol. 1,2, Nauka, Novosibirsk, 1985.
33. D. F. Ollis, H. Al-Ekabi, Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air, Elsevier, Amsterdam, 1993.
34. M. J. Gr¨atzel, R. F. Howe, Nature 91 (1991) 3906.
35. J. Weidmann, T. Dettrich, E. Konstantinova, I. Lauermann, I. Uhlendorf, F. Koch, Influence of oxygen and water related surface defects on the dye sensitized tio2 solar cell, Solar Energy Materials and Solar Cells 56 (1999) 153.
36. A. Fujishima, K. Hashimoto, T. Watanabe, TiO2 Photocatalysis. Fundamentals and Applications, BKC Inc., Tokyo, 1999.
37. M. R. Hoffmann, S. T. Martin, W. Choi, D. W. Bahnemann, Environmental applications of semiconductor photocatalysis, Chem. Rev. 95 (1) (1995) 69–96.
38. Букетов Е.А. Дегидратация гидроокисей металлов в щелочных растворах / Угорец Н.З., Ахметов К.М. // Алма-Ата: Наука.1971.165 с.
39. Бацанов С.С. Влияние валентности и координации атомов на положение и форму ИК полос поглощения в неорганических соединениях / Дербенева С.С. // Журн. структ. химии. 1969. Т. 10. С. 602-608.
40. Hakamoto K. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. М. Мир.: 1991.

41. Sharma D., Jha R. // Ceram. International. 2017. Vol. 43. N 11. P. 8488-8496. DOI: 10.1016/j.jallcom.2016.12.227
42. Kumar S., Mukherjee S., Singh R. Kr., Chatterjee S., Ghosh A.K. // J. Appl. Phys. 2011. Vol. 110. P. 103508.DOI: 10.1062/1.368221
43. Преч Э., Бюльманн Ф., Аффольтер К. Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных = Structure Determination of Organic Compounds. Tables of Spectral Data / Пер. с англ. Б. Н. Тарасевича. — Бином. Лаборатория знаний, 2006. — С. 251—318. — 1500 экз. — ISBN 5-94774-572-0.
44. Серпинова Е.Н. Промышленная адсорбция газов и паров: учеб. пособие для студентов химико-технологических специальностей вузов / Е.Н. Серпинова. М.: Высшая школа, 1969. 415 с.
45. Воробьев А.А., Колос Д.Д. Динамическая модель процесса адсорбции // Инновационные технологии и технические средства для АПК: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (Россия, Воронеж, 12-13 ноября 2019 г.). Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2019. С. 436–440.
46. Khvostov A.A., Magomedov G.O., Ryazhskikh V.I., and Zhuravlev A.A. Matrix dynamic models of elements of technological systems with perfect mixing and plug-flow hydrodynamics in Simulink // Foods and Raw Materials. 2018. vol. 6. № 2. pp. 483–492.