

**КҮН ЭНЕРГИЯСЫН СУТЕГІГЕ АЙНАЛДЫРУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУҒА
БАҒЫТТАЛҒАН ЖАҢА ФОТОКАТАЛИТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ ЗЕРТТЕУ****Дажай Шынар**

Студенті, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы

Анешова Ақерке Раушанбекқызы

Студенті, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы

Мамбаева Алтынай Шарбековна

научный руководитель, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Қазақстан, Алматы

Аңдатпа. Бұл зерттеу күн энергиясын сутегіге айналдыру тиімділігін арттыруға бағытталған жаңа фотокаталитикалық жүйелерді қарастыруға арналған. Зерттеу барысында жоғары өнімділікке ие композициялық құрылымдарды синтездеу және олардың фотоэффективтілігін оптимизациялау амалдары қарастырылады. Жаңа материалдардың физикалық ерекшелігі, яғни, жарық сіңіру қабілеттілігі, жартылай өткізгіш қасиеттері және каталитикалық белсенділігі зерттеледі. Сонымен қатар, сутегі өндірудің экономикалық және экологиялық тиімділігін арттыру үшін фотокатализаторлардың құрылымдық-физикалық ерекшеліктері талданады. Зерттеу нәтижелері болашақта табиғи таза сутегі энергетикасын дамытуға ықпал етіп, жаңартылатын энергия көздерін тиімді пайдалануға негіз болады.

Кілт сөздер: титан диоксиді, фотокатализатор, гетероқұрылым, электрокатализ.

Өсіп келе жатқан жаһандық энергия сұранысын экологиялық таза және тұрақты энергия шешімдері арқылы қанағаттандыру – ХХІ ғасырдың негізгі мәселелерінің бірі. Таза энергия жүйелері жаһандық энергияға деген қажеттілікті қазба отындарға тәуелділікті азайтып, қоршаған ортаға тигізетін зиянын төмендету арқылы қанағаттандыру үшін қажет.

Таза энергия жүйелерінің пайдасын үш негізгі санатқа бөлуге болады: экономикалық, экологиялық және әлеуметтік артықшылықтар. Түпкі мақсат – тиімділігі мен сапасы жоғары, қоршаған ортаға әсері мен құны төмен тұрақты және таза энергия жүйелері мен қолданбаларын дамыту. Сондай-ақ, олар қазіргі қоғамның қажеттіліктерін қанағаттандырумен қатар, келер ұрпақтың болашағына зиян келтірмей, ресурстарды тиімді пайдалануға мүмкіндік береді.

Жаңартылатын энергия көздері қазба отындарына тұрақты балама ретінде қарастырылады, өйткені олар таза энергия көздері ретінде қазба отындарымен салыстырғанда айтарлықтай артықшылықтарға ие. Алайда, жаңартылатын энергия көздері үзілісті және тұрақсыз сипаттарына байланысты тұрақсыз әрі өзгермелі энергиямен қамтамасыз етеді.

Сондықтан жаңартылатын энергия жүйелерін толық пайдалану үшін таза, тиімді, мол және арзан энергия сақтау құралдарын құру қажет. Жаңартылатын энергия көздері үшін сақтау құралдары ретінде сутегі мен электр энергиясы қолданылуы мүмкін. Электр энергиясы ең кең таралған энергия тасымалдаушысы болғанымен, сутегі көміртексіз шешім ретінде электр

энергиясын өндірумен байланысты әртүрлі мәселелерді шешу үшін әлеуетті энергия тасымалдаушы ретінде қарастырылады. Бұл тұрақты қолданбаларға қызығушылық танытатын әртүрлі салалардың назарын аударуда.

Қазіргі және болашақтағы экологиялық, қаржылық және техникалық мәселелерді шешу үшін сутегі мен электр энергиясы экологиялық тұрғыдан зиянсыз энергия және материал көздерін пайдалану арқылы өндірілуі тиіс. Бұл көздер жаңартылатын болуы керек немесе, ең болмағанда, қазба отындары сияқты шектеулі болмауы қажет, өйткені бұл болашақ ұрпақтың энергия қауіпсіздігін қамтамасыз етеді.

Сонымен қатар, материалдық және энергетикалық ресурстарға қойылатын талаптардан бөлек, сутегі мен электр энергиясын өндіру әдістері арзан, тиімді және қоршаған орта мен адам денсаулығына нөлдік немесе ең төменгі кері әсер етуі тиіс.

Қазіргі уақытта әлемдік энергетика саласында жаңартылатын энергия көздеріне деген қызығушылық қарқынды өсуде. Күн энергиясын сутегіне айналдыру – болашақтың таза әрі тиімді энергетикалық шешімдерінің бірі. Бұл технология күн сәулесін тікелей химиялық энергияға айналдырып, сутегі отынын өндіруге мүмкіндік береді. Сутегі энергиясы жанған кезде тек су түзетіндіктен, қоршаған ортаға зиянсыз және көміртекті шығарындыларсыз балама энергия көзі ретінде қарастырылады.

Күн энергиясын сутегіне айналдырудың негізгі әдістерінің бірі – фотокатализ. Бұл процесс жартылай өткізгіш фотокатализаторлардың көмегімен судың фотолизі арқылы сутегі молекулаларын өндіруге негізделген. Қазіргі таңда TiO_2 (титан диоксиді), CdS (кадмий сульфиді), ZnO (мырыш оксиді) және басқа да жартылай өткізгіш материалдар зерттелуде. Дегенмен, олардың тиімділігі салыстырмалы түрде төмен, себебі:

- Тиімді жарық сіңіру қабілеті шектеулі;
- Заряд тасымалдау жылдамдығы төмен;
- Фотокатализаторлардың тұрақтылығы мен ұзақ мерзімділігі жеткіліксіз.

Осыған байланысты, жаңа фотокаталитикалық жүйелерді әзірлеу және олардың тиімділігін арттыру – қазіргі зерттеулердің басты бағыты. Соңғы жылдары гетероқұрылымды наноматериалдар, плазмондық нанобөлшектер, көміртек-негізді композиттер (графен, көміртек нүктелері) сияқты жетілдірілген құрылымдар фотокатализ тиімділігін арттыруда жоғары нәтиже көрсетуде.

Энергияны электрохимиялық түрлендіру және сақтау зертханасы күн энергиясын сутегіге айналдыру тиімділігін едәуір жақсартатын және оны өндіру тиімділігін арттыратын композициялық құрылымдарды құру арқылы жаңа фотокаталитикалық жүйелерді зерттеумен айналысады. Жоғары тиімді фотокатализаторлар мен энергияны сақтау жүйелерін дамытуға және сол бағытта халықаралық жоғары цитаталанған ғылыми басылымдарға мақалалар шығаруға қол жеткізеді.

Тасымалданатын электрониканың, электр көлігінің дамуы және дүние жүзіндегі энергетикалық жүйелердегі жаңартылатын энергия үлесінің белсенді өсуі энергияны сақтау құрылғыларының келесі буынын жасауға көмектеседі. Мұндай құрылғыларға қуат пен энергия тығыздығын арттыруға бағытталған қайта зарядталатын батареялар мен суперконденсаторлар жатады. Бұл процесс осы құрылғыларда қолданылатын жаңа материалдардың алға жылжуына байланысты.

Энергияны сақтау материалдарының маңыздылығы олардың энергияны тиімді, экологиялық таза және жан-жақты пайдалануда, әсіресе жаңартылатын энергияны пайдалану контекстінде негізгі рөлінде байқалады. Зертхананың негізгі мақсаты – сутекті өндіру үшін күн сәулесінің әсерінен суды ыдырату арқылы жоғары тиімділікті фотокатализаторды әзірлеу.

Энергияны электрохимиялық түрлендіру және сақтау зертханасы күн энергиясын сутегіге айналдыру тиімділігін едәуір жақсартатын және оны өндіру тиімділігін арттыратын композициялық құрылымдарды құру арқылы жаңа фотокаталитикалық жүйелерді зерттеумен айналысады. ЭЭТЖСЗ жоғары тиімді фотокатализаторлар мен энергияны сақтау жүйелерін

дамытуға және сол бағытта халықаралық жоғары цитаталанған ғылыми басылымдарға мақалалар шығаруға қол жеткізеді.

Тасымалданатын электрониканың, электр көлігінің дамуы және дүние жүзіндегі энергетикалық жүйелердегі жаңартылатын энергия үлесінің белсенді өсуі энергияны сақтау құрылғыларының келесі буынын жасауға көмектеседі. Мұндай құрылғыларға қуат пен энергия тығыздығын арттыруға бағытталған қайта зарядталатын батареялар мен суперконденсаторлар жатады. Бұл процесс осы құрылғыларда қолданылатын жаңа материалдардың алға жылжуына байланысты.

Фотокаталитикалық жүйелердің тиімділігін арттыру үшін материалдардың жарық жұту қабілеті, заряд тасымалдау сипаттамалары және тұрақтылығы зерттеледі. Қазіргі зерттеулер келесі бағыттарда жүргізілуде:

1. Жаңа фотокатализаторларды әзірлеу

- Титан диоксиді (TiO_2) негізіндегі модификациялар: қоспалармен (допинг) қаптау арқылы оның жарық сезімталдығын арттыру;
- Қосылыс жартылайөткізгіштер (CdS , ZnO , BiVO_4) және олардың гетероқұрылымдары.

2. Гетероқұрылымдар мен композиттік материалдар

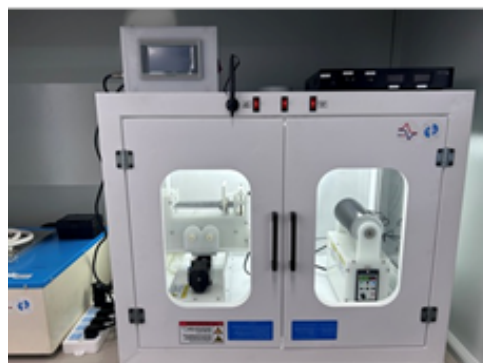
- Энергетикалық деңгейлерді сәйкестендіру арқылы тиімділігі жоғары фотокатализаторлар жасау;
- Наноқұрылымды материалдармен (графен, көміртекті нүктелер) модификациялау.

3. Кванттық нүктелер мен плазмондық нанобөлшектерді қолдану

- Күн сәулесінің кең спектрін пайдалану үшін фотонды түрлендіру технологиялары.

4. Фотокаталитикалық процестің реакциялық ортасын оңтайландыру

- Су ерітінділеріне рН мәнін реттеу;
- Электрокатализбен үйлестіру арқылы тиімділікті арттыру.



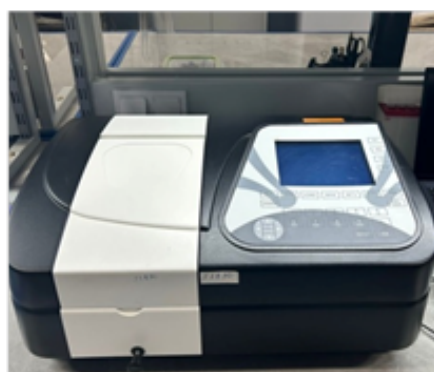
а



в



в



г

а) Электроспиннингке арналған зертханалық қондырғы

Электроспиннинг зертханалық қондырғысы — бұл электр иіру әдісі арқылы нанометриялық талшықтарды алуға арналған автоматтандырылған жабдық. Оның дизайны мен бағдарламалық жасақтамасы әр электр иіру параметрін жоғары дәлдікпен басқаруға және автоматтандыруға мүмкіндік береді. Жүйе ағынды, кернеуді және эмиттер пен коллектор арасындағы қашықтықты дәл бақылауға мүмкіндік береді.

б) «Хромос ГХ-1000» газ хроматографы

Қолдану аясы: Құрылыс жабдықтары, фармацевтика, энергетика, мұнай химия, медицина, химия өнеркәсібі, экология, тамақ өнеркәсібі, ауыл шаруашылығы және орман шаруашылығы, қоршаған орта.

Құрылғының сипаттамасы «Хромос ГХ -1000» газ хроматографы конфигурация мен толықтығын өзгерту мүмкіндігін іске асыратын моноблок болып табылады. Хроматографты жинақтау үшін:

- Формуляр;
- Тексеру әдістемесі;
- Газ хроматографы (баған термостатының көлемі 14,2 л және 18,9 л);
- «Хромос» бағдарламалық қамтамасыз ету;
- ФОГ газдарын қосымша тазарту сүзгісі;
- Хроматографиялық бағандар.

Сурет 1. Салу мысалы

Энергияны сақтау материалдарының маңыздылығы олардың энергияны тиімді, экологиялық таза және жан-жақты пайдалануда, әсіресе жаңартылатын энергияны пайдалану контекстінде негізгі рөлінде байқалады. Зертхананың негізгі мақсаты – сутекті өндіру үшін күн сәулесінің әсерінен суды ыдырату арқылы жоғары тиімділікті фотокатализаторды әзірлеу.



Сурет 2. Салу мысалы

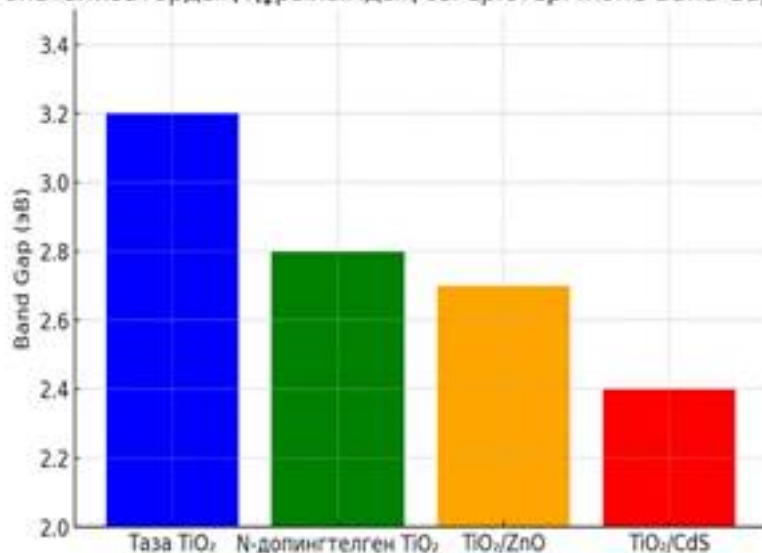
Зертхана жұмысының негізгі бағыттары:

- Наноматериалдардың синтезі және сипаттамасы;
- 1D және 3 D композиттік фотокатализатор синтезі;
- Алынған материалдар бетінің физика-химиялық қасиеттерін, құрамы мен морфологиясын зерттеу;
- Ұнтақтар мен пленкаларды зерттеу;
- Көміртекті материалдарды зерттеу;
- Адсорбенттерді әзірлеу және зерттеу;
- Жоғары тиімді фотокатализаторды әзірлеу және алынған материалдың фотокаталитикалық белсенділігін талдау.

Бұл диаграмма фотокатализаторлардың құрылымдық өзгерістеріне байланысты олардың Band Гар мәндерінің төмендеуін көрсетеді.

- Таза TiO_2 (3.2 эВ) – тек ультракүлгін сәулелі сіңіреді.
- N-допінгтелген TiO_2 (2.8 эВ) – көрінетін жарық диапазонында жақсырақ жұмыс істейді.
- TiO_2/ZnO (2.7 эВ) – электрон тасымалдау жақсарған.
- TiO_2/CdS (2.4 эВ) – ең тиімді фотокатализатор, өйткені көрінетін жарық спектрін көбірек сіңіреді.

Фотокатализатордың құрылымдық өзгерістері және Band Gap мәндері



Сурет 3. Салу мысалы

Бұл өзгерістер күн сәулесін жақсырақ пайдалану және сутегі өндіру тиімділігін арттыру үшін маңызды.

Band Gap – жартылай өткізгіш немесе диэлектрик материалдардағы валенттік зона мен өткізгіштік зона арасындағы энергия айырмашылығы. Ол электронның бір аймақтан екінші аймаққа өтуі үшін қажет энергия мөлшерін сипаттайды.

Band Gap-тың маңызы фотокатализде:

Фотокатализатор ретінде қолданылатын материалдарда Band Gap мәні күн сәулесінің қандай бөлігін сіңіре алатынын анықтайды:

- Кең Band Gap (>3.0 эВ) – тек ультракүлгін (UV) сәулені сіңіреді (мысалы, TiO_2 – 3.2 эВ).
- Орташа Band Gap (2.0–3.0 эВ) – көрінетін жарықты сіңіре алады (мысалы, ZnO – 2.7 эВ, CdS – 2.4 эВ).
- Тар Band Gap (<2.0 эВ) – инфрақызыл сәулені де сіңіре алады, бірақ тұрақтылығы төмен болуы мүмкін.

Қорытындылай келе, Band Gap неғұрлым тар болса, соғұрлым материал көп көрінетін жарықты сіңіріп, фотокатализ тиімділігін арттыра алады. Бірақ егер ол тым төмен болса, қайта рекомбинация яғни, электрондардың орнына қайтып келуі жылдам жүреді, бұл тиімділікті төмендетеді. Сондықтан оптималды Band Gap шамамен 2.0–2.5 эВ аралығында болады.

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Hainsch K., Löffler K., Burandt T., Auer H., Crespo del Granado P., Piscicella P., Zwickl-Bernhard S. Energy transition scenarios: What policies, societal attitudes, and technology developments will realize the EU Green Deal? // Energy. — 2022. — Т. 239. — Energy transition scenarios. — С. 122067.
2. Yergaziyeva G., Kusanov Z., Mambetova M., Khudaibergenov N., Makayeva N., Daulbayev C. Advancements in catalytic, photocatalytic, and electrocatalytic CO_2 conversion processes: Current

trends and future outlook // Journal of CO2 Utilization. — 2024. — Т. 80. — Advancements in catalytic, photocatalytic, and electrocatalytic CO2 conversion processes. — С. 102682.

3. Daulbayev C., Nursharip A., Tauanov Z., Busquets R., Baimenov A. Mechanisms of mercury removal from water with highly efficient MXene and silver-modified polyethyleneimine cryogel composite filters // Advanced Composites and Hybrid Materials. — 2024. — Vol. 7. — No. 5. — P. 1-18.

4. Delivering the European Green Deal - European Commission. — URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_en (дата обращения: 03.09.2024).

5. Об утверждении Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан на 2023 - 2029 годы - ИПС «Әділет». — URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1400000724> (дата обращения: 03.09.2024).

6. Molaei M.J. Recent advances in hydrogen production through photocatalytic water splitting: A review // Fuel. — 2024. — Т. 365. — Recent advances in hydrogen production through photocatalytic water splitting. — С. 131159.

7. Galbao S.J., Chandrappa S., Murthy D.H.K. Chapter 2.1 - Recent progress and developments in photocatalytic overall water splitting // Towards Hydrogen Infrastructure/ ред. D. Jaiswal-Nagar, V. Dixit, S. Devasahayam. — Elsevier, 2024. — С. 77-98.

8. Abou Zeid S., Leprince-Wang Y. Advancements in ZnO-Based Photocatalysts for Water Treatment: A Comprehensive Review // Crystals. — 2024. — Vol. 14. — Advancements in ZnO-Based Photocatalysts for Water Treatment. — No. 7. — P. 611.

9. Kuspanov Z., Umirzakov A., Serik A., Baimenov A., Yeleuov M., Daulbayev C. Multifunctional strontium titanate perovskite-based composite photocatalysts for energy conversion and other applications // International Journal of Hydrogen Energy. — 2023.

10. Bakbolat B., Daulbayev C., Sultanov F., Beissenov R., Umirzakov A., Mereke A., Bekbaev A., Chuprakov I. Recent Developments of TiO2-Based Photocatalysis in the Hydrogen Evolution and Photodegradation: A Review // Nanomaterials. — 2020. — Vol. 10. — Recent Developments of TiO2-Based Photocatalysis in the Hydrogen Evolution and Photodegradation. — No. 9. — P. 1790.

11. A review on WO3-based composite photocatalysts: synthesis, catalytic mechanism and diversified applications | Rare Metals. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12598-023-02554-z> (дата обращения: 03.09.2024).

12. Zh. Kuspanov, A. Umirzakov, A. Serik, A. Baimenov, M. Yeleuov, Ch. Daulbayev, Multifunctional strontium titanate perovskite-based composite photocatalysts for energy conversion and other applications // International Journal of Hydrogen Energy. - 2023. - Vol. 33. p. - 38634-38654. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.06.168>. WoS IF=7.2 Q2. Наивысший процентиль SCOPUS - 95%.

13. A. Kudaibergen, Zh. Kuspanov, A. Issadykov, R. Beisenov, Z. Mansurov, Ch. Daulbayev. Synthesis, structure, and energetic characteristics of perovskite photocatalyst SrTiO3: an experimental and DFT study // Eurasian Chemico-Technological Journal. - 2023. - Vol. 25(3). - p. - 139-146. <https://doi.org/10.18321/ectj1516>. Наивысший процентиль SCOPUS - 29% (Вместо КОКОН)