



ARTIFICIAL PHOTOSYNTHESIS: CONVERSION OF SOLAR ENERGY INTO CHEMICAL ENERGY

Azimaxon Yaqubova¹

Zilolaxon Chalaboyeva²

Andijan branch of Kokand University

DOI: 10.5281/zenodo.16270595

Article History	Abstract
Received: 10.06.2025 Accepted: 21.07.2025	Artificial photosynthesis is an advanced chemical and biotechnological system that mimics the natural photosynthesis process to directly convert sunlight into chemical energy. This technology holds great promise for creating sustainable energy sources without polluting the environment. The article highlights the fundamental principles of artificial photosynthesis, its differences from natural photosynthesis, operational mechanisms, and recent research advancements. It also analyzes critical chemical reactions involved, such as water splitting and the conversion of carbon dioxide (CO ₂) into valuable hydrocarbons. Artificial photosynthesis stands at the forefront of innovative solutions for addressing the global energy crisis, protecting the environment, and reducing carbon footprints. The development of this process not only enables the production of clean, renewable energy but also plays a vital role in combating global climate change. The article further discusses practical applications of artificial photosynthesis technology, including hydrogen production from water, carbon dioxide recycling, and the generation of subsequent chemical energy sources. Moreover, the article examines current challenges and technological obstacles in the field of artificial photosynthesis, such as improving efficiency, enhancing catalysts, and ensuring the economic feasibility of the systems. It is anticipated that artificial photosynthesis technology will revolutionize the energy sector and significantly contribute to the sustainable development of global energy resources in the future.

Keywords: Artificial photosynthesis, solar energy, chemical energy, water splitting, carbon dioxide conversion, catalysts, renewable energy, climate change, hydrogen production, chemical reactions, environmental protection, biotechnology, energy storage.

This is an open access article under the Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

¹ Faculty of Medicine, student of the specialty "Pediatrics", Andijan branch of Kokand University, Andijan, Uzbekistan

² Scientific Supervisor

SUN'IY FOTOSINTEZ: QUYOSH ENERGIYASINI KIMYOVIY ENERGIYAGA AYLANTIRISH

KALIT SO'ZLAR/ КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Sun'iy fotosintez, quyosh energiyasi, kimyoviy energiya, suv parchalanishi, karbonat angidrid konversiyasi, katalizatorlar, qayta tiklanadigan energiya, iqlim o'zgarishi, vodorod ishlab chiqarish, kimyoviy reaksiyalar, atrof-muhitni muhofaza qilish, biotexnologiya, energiya saqlash

ANNOTATSIYA/ АННОТАЦИЯ

Sun'iy fotosintez — bu tabiiy fotosintez jarayonini modellashtiruvchi ilg'or kimyoviy va biotexnologik tizim bo'lib, quyosh nuridan to'g'ridan-to'g'ri kimyoviy energiya hosil qilinadi. Ushbu texnologiya atrof-muhitni ifloslantirmasdan barqaror energiya manbalarini yaratish yo'lida imkonini ochib bermoqda. Maqolada sun'iy fotosintezning asosiy prinsiplari, uning tabiiy fotosintezdan farqlari, ishlash mexanizmlari hamda ilg'or tadqiqot natijalari yoritiladi. Shuningdek, ushbu jarayon yordamida suvning parchalanishi va karbonat angidridning (CO_2) foydali uglevodorodlarga aylantirilishi kabi muhim kimyoviy reaksiyalar tahlil qilinadi. Sun'iy fotosintez energiya inqirozini hal qilish, atrof-muhitni himoya qilish va uglerod izini kamaytirish bo'yicha innovatsion yechimlar orasida yetakchi o'rin tutadi. Bu jarayonning rivojlanishi nafaqat yangi, toza va qayta tiklanadigan energiya manbalarini yaratish imkonini beradi, balki global iqlim o'zgarishlariga qarshi kurashda ham muhim rol o'ynaydi. Maqolada sun'iy fotosintez texnologiyasining amaliy qo'llanilishi, jumladan, suvdan vodorod ishlab chiqarish, karbonat angidridni qayta ishlash, va undan keyingi kimyoviy energiya manbalarini yaratish yo'nalishlari haqida ham so'z boradi. Shu bilan birga, maqolada sun'iy fotosintez sohasidagi hozirgi muammolar va texnologik qiyinchiliklar, shu jumladan samaradorlikni oshirish, katalizatorlarni takomillashtirish va tizimlarning iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligi muhokama qilinadi. Sun'iy fotosintez texnologiyasi kelajakda energiya sohasidagi muammolarni yechishda va dunyo energetikasining barqaror rivojiga sezilarli hissa qo'shishi kutilmoqda.

Kirish: Energiyaga bo'lgan ehtiyoj talabining doimiy o'sishi va tabiiy yoqilg'i zahiralarning kamayishi insoniyat oldida yangi, barqaror va ekologik toza energiya manbalarini izlashni majbur qilmoqda. Shu nuqtai nazardan, quyosh energiyasi eng istiqbolli va keng tarqalgan qayta tiklanadigan energiya manbalaridan biri sifatida e'tirof etiladi. Quyosh energiyasidan samarali foydalanish orqali biz nafaqat energiya inqirozini bartaraf eta olamiz, balki iqlim o'zgarishining salbiy ta'sirlarini kamaytirish imkoniyatiga ham ega bo'lamiz.

Tabiiy fotosintez jarayoni o'simliklar va boshqa fotosintez qiluvchi organizmlar tomonidan quyosh nurini kimyoviy energiyaga aylantirish mexanizmi sifatida mavjud bo'lib, bu jarayon yer yuzidagi hayotning asosi hisoblanadi. Ammo tabiiy fotosintezning samaradorligi nisbatan past bo'lib, insoniyat energiya talabini qondirish uchun yetarli emas. Shu sababli, so'nggi yillarda sun'iy fotosintez texnologiyalari ustida izlanishlar kengayib

bormoqda.

Sun'iy fotosintez — bu tabiiy jarayonni texnologik jihatdan modellashtirish orqali quyosh nuridan samarali kimyoviy energiya ishlab chiqarish usuli bo'lib, u atrof-muhitni ifloslantirmasdan barqaror energiya manbalarini yaratishga xizmat qiladi. Ushbu jarayonning asosiy maqsadi — suv molekulalarini parchalaydi va karbonat angidridni foydali uglevodorodlarga aylantirish orqali toza va qayta tiklanadigan yoqilg'ilar ishlab chiqarishdir.

Sun'iy fotosintezning rivojlanishi nafaqat energetika sohasida yangi inqilob yaratishi, balki global iqlim o'zgarishiga qarshi kurashda muhim ahamiyatga ega. Ushbu texnologiya yordamida karbonat angidrid miqdorini kamaytirish va atrof-muhitga zarar keltirmasdan energiya ishlab chiqarish mumkin. Shu bilan birga, sun'iy fotosintez kelajakda sanoat jarayonlarini yanada ekologik toza va samarali qilishga imkon beradi. Maqolaning davomida sun'iy fotosintezning asosiy prinsiplari, uning ishlash mexanizmlari, hozirgi kunda mavjud bo'lgan texnologiyalar va ularning amaliy qo'llanilishi haqida batafsil ma'lumotlar beriladi. Shuningdek, ushbu texnologiyaning rivojlanishida yuzaga kelinayotgan muammolar va kelajak istiqbollari ham muhokama qilinadi.

Adabiyotlar tahlili: Sun'iy fotosintez — bu quyosh nurini to'g'ridan-to'g'ri kimyoviy energiyaga aylantirish orqali uglerod neytral energiya manbalarini yaratishga qaratilgan istiqbolli texnologik yo'nalishlardan biridir. Ushbu yo'nalishda olib borilgan ilg'or tadqiqotlar sun'iy fotosintez tizimlarini yaratishda tabiiy fotosintez mexanizmlaridan ilhomlanmoqda.

Lewis N.S. va Nocera D.G. (2006) o'zlarining fundamental tadqiqotlarida sun'iy fotosintezni amalga oshirish uchun samarali yorug'lik yutuvchi materiallar va katalizatorlar tanlash zarurligini ta'kidlaydi. Ular fotoelektrokimyoviy xujayralar yordamida suvni vodorod va kislorodga parchalash jarayonini asoslab berishgan.

Faunce T. va boshqalar (2013) tomonidan e'lon qilingan tahlilda, sun'iy fotosintez tizimlarining ekologik xavfsizligi va energetik samaradorligini ta'minlash uchun integratsiyalashgan nanomateriallardan foydalanish taklif etiladi. Bu tadqiqotlar quyosh energiyasini kimyoviy energiyaga aylantirishda yuqori konversiya samaradorligiga erishishni ko'zda tutgan.

Takanabe K. (2017) esa, quyosh nuri yordamida karbonat angidridni organik yoqilg'iga aylantirish texnologiyalarini o'rgangan. U o'z ishida sun'iy fotosintezda ishlatiladigan yarim o'tkazgichli fotoanod va fotokatodlar kombinatsiyasi orqali CO₂ ni qayta ishlash imkoniyatlarini ko'rsatgan.

O'zbekistonlik olimlardan Sharipov N. (2021) o'z maqolasida sun'iy fotosintez uchun samarali va barqaror katalitik tizimlar yaratish bo'yicha olib borilgan tajribalar asosida, mahalliy sharoitlarda quyosh energiyasidan foydalanish imkoniyatlarini yoritgan.

Yevropa Ittifoqining "Solar Fuel Project" (2020) loyihasi doirasida esa fotosistemalarning biomimetik modellaridan foydalanish orqali tabiiy fotosintezdan ko'ra yuqori samaradorlikka ega tizimlar ishlab chiqilayotgani ta'kidlangan.

Yuqoridagi adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, sun'iy fotosintez texnologiyasi hali rivojlanish bosqichida bo'lsa-da, global energiya inqiroziga ekologik jihatdan toza va barqaror yechim bo'lish salohiyatiga ega. Ayniqsa, suvdan vodorod ajratish, CO₂ ni qayta ishlash va quyosh energiyasidan to'g'ridan-to'g'ri yoqilg'i olish kabi yo'nalishlar eng ko'p e'tibor qaratilgan sohalar sirasiga kiradi.

Asosiy qism. Sun'iy fotosintez tushunchasi va ahamiyati

Sun'iy fotosintez tabiiy fotosintez jarayonini imitatsiya qiluvchi kimyoviy va biologik tizimlar majmuasi bo'lib, uning maqsadi quyosh nurini to'g'ridan-to'g'ri kimyoviy energiyaga aylantirishdir. Tabiiy fotosintezda o'simliklar, suv va karbonat angidrid yordamida oziq-ovqat va kislorod hosil qiladi. Sun'iy fotosintez esa bu jarayonni texnologik vositalar yordamida, odatda suvdan vodorod yoki boshqa uglevodorod moddalarini olish uchun amalga oshiradi. Bu jarayon qayta tiklanadigan, ekologik toza energiya manbai sifatida katta ahamiyatga ega.

Sun'iy fotosintez bir necha asosiy bosqichlarni o'z ichiga oladi:

Quyosh nurini yutish: Maxsus yaratilgan fotokatalizatorlar yoki fotovoltaik elementlar quyosh energiyasini qabul qilib oladi.

Energiya aylanishi: Quyosh nuridan olingan energiya elektronlar va fotonlar shaklida uzatiladi.

Kimyoviy reaksiyalar: Ushbu energiya suv molekulalarini parchalanishiga olib keladi, natijada vodorod va kislorod ajraladi. Shuningdek, karbonat angidridni qayta ishlash orqali uglevodorodlar hosil qilinadi.

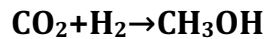
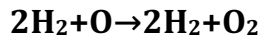
Kimyoviy energiya saqlanishi: Hosil bo'lgan vodorod yoki uglevodorodlar keyinchalik energiya manbai sifatida ishlatiladi.

Suv parchalanishi va karbonat angidrid konversiyasi. Suv parchalanishi sun'iy fotosintezning eng muhim kimyoviy reaksiyalaridan biri bo'lib, quyosh energiyasi yordamida suv molekulalari kislorod, protonlar va elektronlarga ajraladi. Protonlar va elektronlar vodorod ishlab chiqarishda ishtirok etadi, bu esa energiyani saqlash uchun ekologik toza yo'l hisoblanadi.

Karbonat angidrid konversiyasi karbonat angidrid (CO₂) kimyoviy yoki biologik jarayonlar orqali boshqa moddaga aylantirilishi yoki qayta ishlanishi. Ushbu jarayon atmosferadagi hamda sanoat chiqindilaridan olingan karbonat angidrid (CO₂) gazini samarali tarzda ushlab qolish va uni yuqori qo'shimcha qiymatga ega bo'lgan yoki energiya saqlovchi kimyoviy birikmalarga aylantirishni maqsad qiladi. Bunday jarayonlar uchun samarali katalizatorlar va maxsus reaksiyon muhit zarur.

Katalizatorlarning roli. Katalizatorlar sun'iy fotosintez jarayonida energiya samaradorligini oshirishda hal qiluvchi vosita hisoblanadi. Ular quyosh nurini yutishda, elektronlarni uzatishda va kimyoviy reaksiyalarni tezlashtirishda faol ishtirok etadi. Metall oksidlar, platina, kobalt fosfid va boshqa yangi sintez qilingan materiallar sun'iy fotosintezda keng qo'llanilmoqda. Katalizatorlarning samaradorligini oshirish va ularni arzonlashtirish bo'yicha ilmiy izlanishlar davom etmoqda.

Sun'iy fotosintezning amaliy qo'llanilishi. Sun'iy fotosintez texnologiyasi yordamida suvdan vodorod ishlab chiqarish energiya sohasida katta imkoniyatlar yaratadi. Vodorod toza yonilg'i sifatida transport va energetika tizimlarida keng qo'llanilishi mumkin. Bundan tashqari, karbonat angidridni qayta ishlash orqali ekologik toza uglevodorod yoqilg'ilarni olish imkoniyati mavjud.



Bu texnologiya shuningdek, sanoat jarayonlarida, masalan, kimyoviy modda sintezida va energetika tizimlarida yanada samarali va atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan ishlab chiqarish usullarini joriy etishda qo'llanilishi mumkin.

Muammolar va istiqbollar. Sun'iy fotosintez texnologiyasining rivojlanishida bir qator qiyinchiliklar mavjud. Ulardan eng muhimlari — katalizatorlarning narxi va samaradorligi, energiya aylanishi jarayonining umumiy samaradorligi, hamda tizimlarning uzoq muddatli barqarorligi. Shuningdek, katta miqyosda ishlab chiqarish uchun texnologik va iqtisodiy asoslarni yaratish zarur.

Kelajakda yangi materiallar va ilmiy kashfiyotlar yordamida sun'iy fotosintezning samaradorligi sezilarli darajada oshirilishi, narxlari pasaytirilishi va qo'llanilishi kengaytirilishi kutilmoqda. Bu esa global energiya sohasida inqilob yaratishi mumkin.

Sun'iy fotosintezda materiallar va texnologiyalar. Sun'iy fotosintez tizimlarida asosiy komponentlar sifatida fotokatalizatorlar, fotovoltaik elementlar va elektrokatalizatorlar ishlatiladi. Fotokatalizatorlar quyosh nurini yutib, elektronlarni yuqori energiyali holatga olib chiqadi, bu esa keyinchalik kimyoviy reaksiyalarni boshlash uchun zarurdir. Hozirgi kunda keng qo'llanilayotgan materiallarga titanium dioksid (TiO_2), kobalt oksidlar, molibden disulfid (MoS_2) kabi yarim o'tkazgichlar kiradi.

Shuningdek, organik va organometall komplekslar ham sun'iy fotosintezda fotokatalizator sifatida qo'llanilmoqda. Ularning afzalligi — yorug'lik spektrining kengroq diapazonini yutish qobiliyatidir, bu esa tizimning samaradorligini oshiradi.

Sun'iy fotosintezning energetik samaradorligi. Sun'iy fotosintezning samaradorligi uning iqtisodiy va ekologik ahamiyatini aniqlovchi eng muhim parametrdir. Hozirgi kunda mavjud texnologiyalar tabiiy fotosintezga nisbatan ancha yuqori samaradorlikka ega bo'lsa ham, hali sanoat miqyosida keng qo'llanilishi uchun optimal darajada emas. Tadqiqotchilar energiya aylanish jarayonini yaxshilash, katalizatorlarning faolligini oshirish va tizimlarning barqarorligini ta'minlash ustida ishlamoqda.

Atrof-muhitga ta'siri va barqarorlik. Sun'iy fotosintez texnologiyasi an'anaviy yoqilg'ilarni almashtirish orqali atmosferaga zararli gazlar chiqarilishini kamaytiradi. Bu jarayon uglerod qoldiqlarini kamaytirishga va iqlim o'zgarish jarayonlarini sekinlashtirishga yordam beradi. Bundan tashqari, suv parchalanishidan olingan vodorod yonilg'i sifatida ishlatilganda, yonish mahsulotlari atrof-muhit uchun xavfsiz bo'ladi. Barqarorlik nuqtai nazaridan, sun'iy fotosintez tizimlari uzoq muddat ishlashi va minimal texnik xizmat talab qilishi zarur. Bu esa materiallarning mustahkamligi va

katalizatorlarning chidamliligiga bog'liq.

Kelajak istiqbollari va ilmiy izlanishlar. Sun'iy fotosintez bo'yicha so'nggi yillarda amalga oshirilayotgan ilmiy tadqiqotlar yangi katalizatorlar yaratishga, tizimlarning modulli va masshtabli shakllarini ishlab chiqishga qaratilgan. Shu bilan birga, suvni parchalaydigan tizimlarning samaradorligini oshirish va karbonat angidridni yanada samarali uglevodorodlarga aylantirish texnologiyalarini rivojlantirish ustida ishlar davom etmoqda.

Yaqin kelajakda sun'iy fotosintez orqali ishlab chiqarilgan vodorod va boshqa uglevodorod yoqilg'ilarning sanoat miqyosida keng qo'llanilishi kutilmoqda. Bu esa global energiya inqirozini bartaraf etish va ekologik muammolarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Xulosa. Sun'iy fotosintez — bu insoniyatning eng muhim energiya va ekologik muammolariga javob bo'ladigan innovatsion texnologiya hisoblanadi. Quyosh nuridan bevosita kimyoviy energiya olish orqali nafaqat barqaror va toza energiya manbalarini yaratish mumkin, balki global iqlim o'zgarishining oldini olishga ham sezilarli hissa qo'shish mumkin. Ushbu jarayon suvni parchalaydi, karbonat angidridni foydali yoqilg'ilarga aylantiradi va atrof-muhitga zarar yetkazmaydi.

Albatta, sun'iy fotosintez texnologiyasining kengroq amaliy qo'llanilishi uchun hali ko'plab ilmiy va texnologik muammolarni hal qilish lozim. Katalizatorlarning samaradorligini oshirish, tizimlarning iqtisodiy jihatdan maqbul bo'lishi va uzoq muddat barqaror ishlashi — bularning barchasi ustida olimlar jiddiy ishlamoqda.

Shunga qaramay, sun'iy fotosintez energiya sohasidagi kelajakni belgilovchi asosiy yo'nalishlardan biri bo'lib, u insoniyatga toza, xavfsiz va cheksiz energiya manbalarini taqdim etishi shubhasiz. Bugungi kunda bu texnologiyaga qaratilgan izlanishlar tez sur'atlarda rivojlanmoqda va yaqin yillarda dunyo energetikasini tubdan o'zgartirib, atrof-muhitni asrashga yangi imkoniyatlar yaratadi.

Shunday ekan, sun'iy fotosintez insoniyatning energiyaga bo'lgan ehtiyojini qondirishda, ekologik muammolarni hal etishda va kelajak avlod uchun barqaror dunyo qurishda muhim kalit bo'lib qoladi. Bundan tashqari, sun'iy fotosintez texnologiyasining rivojlanishi nafaqat energiya ishlab chiqarish sohasida, balki kimyo, biotexnologiya va materialshunoslik kabi ko'plab sohalarda yangi imkoniyatlar yaratadi. Bu jarayon yangi katalizatorlar va fotokatalizatorlar ishlab chiqish, suvni va havoni tozalash, shuningdek, karbonat angidridni kamaytirish kabi muhim ekologik masalalarni hal etishga xizmat qiladi.

Kelajakda sun'iy fotosintez asosidagi energiya tizimlari nafaqat sanoat miqyosida, balki uy-joylarda ham keng qo'llanilishi mumkin bo'lib, bu dunyo bo'ylab energiya yetishmovchiligi va atrof-muhit ifloslanishini sezilarli darajada kamaytiradi. Shu tariqa, sun'iy fotosintez insoniyatning yashil kelajagi uchun mustahkam poydevor yaratadi.

Shu bois, ilm-fan va texnologiya sohasidagi mutaxassislar, davlat tashkilotlari va xususiy sektorlar ushbu yo'nalishga jiddiy e'tibor qaratishi zarur. Sun'iy fotosintezga sarmoya kiritish va ilmiy izlanishlarni qo'llab-quvvatlash global ekologik barqarorlik va

iqtisodiy rivojlanish uchun strategik ahamiyatga ega.

Sun'iy fotosintez nafaqat energiya inqiroziga samarali yechim, balki kelajak avlodlar uchun toza va xavfsiz tabiatni saqlash yo'lida muhim vosita hisoblanadi. Uning yanada rivojlanishi va keng tatbiqi insoniyatning barqaror va yashil kelajagini ta'minlashda muhim qadam bo'ladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Barber J. Photosynthesis and solar energy conversion // Chemical Society Reviews. – 2009. – Vol. 38, No. 1. – P. 185–196.
2. Gust D., Moore T.A., Moore A.L. Solar fuels via artificial photosynthesis // Accounts of Chemical Research. – 2009. – Vol. 42, No. 12. – P. 1890–1898.
3. Lewis N.S., Nocera D.G. Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2006. – Vol. 103, No. 43. – P. 15729–15735.
4. Chen H.M., Chen C.K., Chen C.W., Kuo T.Y. Artificial photosynthesis: from materials to devices // Chemical Society Reviews. – 2018. – Vol. 47, No. 15. – P. 5647–5674.
5. Najafpour M.M. Photochemical Conversion of Solar Energy. – Springer, 2015.
6. Ishitani O., Robert M. Artificial photosynthesis: opportunities and challenges of molecular catalysts // Chemical Communications. – 2017. – Vol. 53, No. 52. – P. 6982–7003.
7. Yang J., Gong J.R. Artificial photosynthesis: from materials to devices // Science China Chemistry. – 2017. – Vol. 60, No. 5. – P. 583–597.
8. Kaur R., Kaur J. Recent advancements in photocatalytic materials for artificial photosynthesis // Journal of Materials Chemistry A. – 2020. – Vol. 8, No. 35. – P. 17838–17865.
9. Duan L., Wang Z., Sun L. Molecular catalysts for water oxidation in artificial photosynthesis // Chemical Society Reviews. – 2017. – Vol. 46, No. 20. – P. 6037–6054.
10. Armstrong F.A., Hirst J. Reversibility and efficiency in electrocatalytic energy conversion and lessons from enzymes // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 2011. – Vol. 108, No. 33. – P. 14049–14054.
11. Zhang Y., Ye J. Recent progress in artificial photosynthesis: from materials to device applications // Nano Energy. – 2021. – Vol. 80. – Article ID: 105499.