YASHIL KIMYODA EKOLOGIK TOZA ERITUVCHILAR: CHUQUR EVTEKTIK ERITUVCHILAR, SUV, SUPERKRITIK FLUIDLAR VA BIOLOGIK PARCHALANA OLADIGAN ERITUVCHILAR

Raxmatov Marat Salimovich
Buxoro davlat pedagogika instituti. O‘qituvchisi
E-mail: mraxmatov@mail.ru
Nurberdiyeva Rayhona Sanjarovna
Buxoro davlat pedagogika instituti 1KIM-25 talabasi

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqola zamonaviy yashil kimyo tamoyillari asosida ekologik toza erituvchilarning nazariy asoslari, tasnifi, fizik-kimyoviy xususiyatlari va amaliy qo‘llanilish imkoniyatlarini kompleks tarzda tadqiq etadi. Chuqur evtektik erituvchilar (DES) ning tuzilishi, turlari va ularning elektrokimyoviy, ekstraksion va materialshunoslik sohalaridagi ahamiyati tahlil qilinadi. Suvning universal erituvchi sifatidagi rolini kengaytirish uchun qo‘llaniladigan gidrotroplar, tabiiy DES (NADES), fermentlar va subkritik suv kabi innovatsion usullar qiyosiy baholanadi. Superkritik fluidlar, xususan CO_2, ning ekstraksion xususiyatlari va energiya sarfi masalalari yoritiladi. Biologik parchalana oladigan erituvchilar (etil laktat) ning barqarorlik jihatlari va sozlanishi mumkinligi ko‘rsatiladi. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, atrof-muhitga zararsiz erituvchilarni qo‘llash orqali kimyoviy jarayonlarning ekologik samaradorligini oshirish va barqaror ishlab chiqarishni rivojlantirish mumkin.

Kalit so‘zlar: *O‘zbekcha:*yashil kimyo, chuqur evtektik erituvchilar, tabiiy DES, superkritik fluidlar, biologik parchalana oladigan erituvchilar, gidrotroplar, barqarorlik.

Аннотация. Данная научная статья представляет комплексное исследование экологически безопасных растворителей в контексте современных принципов зелёной химии. Рассматриваются теоретические основы, классификация, физико-химические свойства и практические направления применения глубоких эвтектических растворителей (DES), включая их структуру, разновидности и значимость в электрохимических процессах, экстракции природных веществ и материаловедении. Проанализированы инновационные подходы к расширению возможностей воды как универсального растворителя, такие как гидротропы, природные эвтектические растворители (NADES), ферменты, стеккинг-агенты, переключаемые растворители и субкритическая вода. Освещены свойства сверхкритических флюидов, в частности сверхкритического CO_2, их экстракционная эффективность, энергетические затраты и экологические преимущества. Показаны особенности биоразлагаемых растворителей, например этиллактата, включая их устойчивость, возобновляемость и

ISSN 3030-3907

возможность регулирования растворяющей способности. Результаты исследования подтверждают, что применение экологически чистых растворителей позволяет повысить экологическую эффективность химических процессов и способствует развитию устойчивого производства.

Аннотация: зеленая химия, глубокие эвтектические растворители, природные DES, сверхкритические флюиды, биологически разлагаемые растворители, гидротропы, устойчивость.

Abstract. This scientific article provides a comprehensive analysis of environmentally benign solvents within the framework of modern green chemistry principles. It examines the theoretical foundations, classification, physicochemical properties, and practical applications of deep eutectic solvents (DES), including their molecular structure, types, and relevance in electrochemical deposition, extraction technologies, agriculture, and materials science. Innovative strategies for enhancing the role of water as a universal solvent—such as hydrotropes, natural deep eutectic solvents (NADES), enzymes, stacking agents, switchable solvents, and subcritical water—are comparatively evaluated. The physicochemical characteristics, extraction efficiency, and energy considerations of supercritical fluids, especially supercritical CO_2, are discussed. The study also highlights biodegradable green solvents such as ethyl lactate, emphasizing their sustainability, renewability, and tunable solvating properties. The findings demonstrate that the use of environmentally safe solvents can significantly improve the ecological efficiency of chemical processes, reduce waste generation, and support the development of sustainable production systems.

Annotation. green chemistry, deep eutectic solvents, natural DES, supercritical fluids, biodegradable solvents, hydrotropes, sustainability.

Kirish

Zamonaviy kimyo sanoati barqaror rivojlanish tamoyillari asosida atrof-muhitga salbiy ta’sirni minimallashtirishga yo‘naltirilgan. An’anaviy organik erituvchilar (xlorli uglevodorodlar, aromatik birikmalar) ko‘pincha yuqori toksiklik, yonuvchanlik va atrof-muhitga uzoq muddatli ta’sir ko‘rsatishi bilan tavsiflanadi. Yashil kimyo tamoyillari doirasida ekologik toza, xavfsiz va qayta tiklanadigan resurslardan olinadigan erituvchilarni ishlab chiqish va qo‘llash dolzarb vazifaga aylangan. Ushbu maqolada yashil kimyo kontekstida eng istiqbolli ekologik toza erituvchilar sinflari: chuqur evtektik erituvchilar, suv asosidagi tizimlar, superkritik fluidlar va biologik parchalana oladigan erituvchilar o‘rganiladi. Ularning tuzilishi, xossalarini sozlash imkoniyatlari, qo‘llanilishi va atrof-muhitga ta’siri tahlil qilinadi.

Chuqur evtektik erituvchilar (DES)

ISSN 3030-3907

Tushuncha va evtektik hodisa. Chuqur evtektik erituvchilar (DES) bir nechta komponentlarning evtektik aralashmasidan hosil bo‘ladi. Evtektik nuqta — bu tizimning eng past erish haroratiga ega bo‘lgan holati bo‘lib, unda barcha komponentlar bir vaqtda qattiq holatdan suyuq holatga o‘tadi. DES odatda vodorod bog‘lovchi donor (HBD) va Lyuis yoki Bryonsted asosi (masalan, to‘rtlamchi ammoniy tuzi) dan tashkil topadi. Ushbu komponentlar o‘rtasidagi kuchli vodorod bog‘lanishi tufayli oddiy aralashtirish yoki isitish orqali xona haroratida suyuqlik hosil bo‘ladi (Smith va boshq., 2014).

DES formulasi va tasnifi. DES umumiy formula bilan ifodalanadi: $Cat^+X^-\cdot zY$, bu yerda Cat^+ — ammoniy, fosfoniym yoki sulfoniym kationi; X^- — galogenid anion; Y — vodorod bog‘lovchi donor molekulasi; z — Y molekulalari soni. DES tarkibiga ko‘ra to‘rt asosiy turga bo‘linadi:

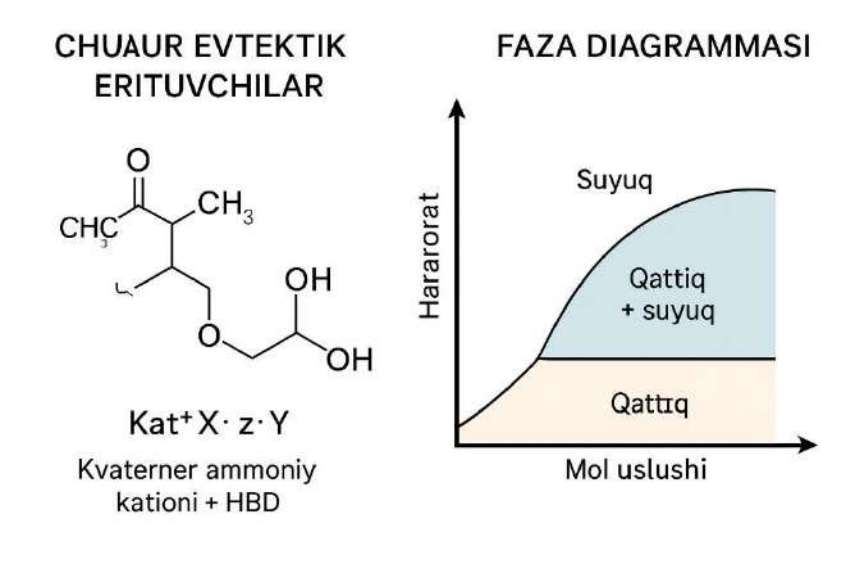
- I tip:To‘rtlamchi ammoniy tuzi + metall xloridi ($Cat^+X^-\cdot zMCl_x$).
- II tip:To‘rtlamchi ammoniy tuzi + metall xlorid gidrati ($Cat^+X^-\cdot zMCl_x\cdot yH_2O$).
- III tip:To‘rtlamchi ammoniy tuzi + vodorod bog‘lovchi donor ($Cat^+X^-\cdot zRZ$).
- IV tip:Metall xloridi + vodorod bog‘lovchi donor ($MCl_x + RZ \rightarrow MCl_{x-1}^+\cdot RZ + MCl_{x+1}^-$).

Kvaterner ammoniy tuzi sifatida ko‘pincha xolin xloridi va uning hosilalari qo‘llaniladi. Vodorod bog‘lovchi donor sifatida amidlar (karbamid, tiomochevina), spirtlar (etilenglikol, glitserin) va organik kislotalar (limon, malon kislotalari) ishlatiladi.

DES ning qo‘llanilishi. DES keng qo‘llanilish sohalariga ega:

- Elektrokimyo: Metallar (Cr, Al, Ni, Zn) va ularning qotishmalarini cho‘ktirish, elektropollash (Abbot va boshq., 2006).
- Ekstraksiya: O‘simlik materiallaridan biologik faol moddalar (flavonoidlar, alkaloidlar) ajratish, biodizeldan glitserin ajratish (Abbot va boshq., 2007).
- Materialshunoslik: Sellyuloza, kraxmal, oqsillarni modifikatsiyalash.

ISSN 3030-3907



Kataliz: Organik sintezda reaksiya muhiti sifatida.

DES ning afzalliklari. DES ionli suyuqliklarga o‘xshash fizik-kimyoviy xossalarga (past bug‘ bosimi, yonuvchanliksizlik, keng suyuqlik diapazoni) ega. Biroq, ular ionli suyuqliklarga nisbatan tayyorlash osonligi, arzonligi va kamroq toksikligi bilan ajralib turadi.

Suv: universal erituvchanlikni oshirish usullari

Suvning cheklovlari va imkoniyatlari. Suv eng xavfsiz va ekologik toza erituvchi hisoblanadi, ammo ko‘plab organik moddalarning unda past eruvchanligi uning qo‘llanilishini cheklaydi. Suvning erituvchanlik qobiliyatini oshirish uchun turli usullar ishlab chiqilgan (Lajoie va boshq., 2022).

pH sozlash va tuzlarni qo‘shish. Kislota yoki asos qo‘shish orqali pH ni o‘zgartirish eritiladigan moddalarning ion shaklini o‘zgartirib, eruvchanlikni oshiradi. Tuzlar (masalan, natriy xlorid) eritmaning ion kuchini oshirib, qutbli moddalarning eruvchanligini yaxshilashi mumkin.

Ko‘p erituvchilar. Suvni etanol, izopropanol kabi organik erituvchilar bilan aralashtirish orqali qutbliikni pasaytirish va kamroq qutbli moddalarni eritish mumkin. Bu usul amalga oshirish soddaligi tufayli keng qo‘llaniladi.

Sirt faol moddalar (SFAV). SFAV lar (masalan, natriy dodekilsulfat) mitsellalar hosil qilib, ularning gidrofob yadrosida organik moddalarni eritadi. Mitsella hosil bo‘lishining kritik kontsentratsiyasi (MShK) odatda 1–10 mM oralig‘ida bo‘ladi.

Kompleks hosil qiluvchi ligandlar. Suvda eriydigan ligandlar (masalan, EDTA) metall ionlari yoki organik moddalar bilan komplekslar hosil qilib, ularning eruvchanligini oshiradi.

Inklyuzion komplekslar. Siklookstrinlar kabi inklyuzion ligandlar gidrofob bo‘shliqqa ega bo‘lib, u orqali gidrofob molekulalarni o‘z ichiga oladi va ularning suvdagi eruvchanligini oshiradi.

ISSN 3030-3907

Steking-komplekslar. Aromatik birikmalar π-π o‘zaro ta’siri orqali steking agregatlarini hosil qiladi va organik moddalarni eritishga yordam beradi (Zhuang va boshq., 2019).

Gidrotroplar. Gidrotroplar (masalan, natriy salisilat) yuqori kontsentratsiyada (1 M atrofida) agregatlar hosil qilib, organik moddalarning eruvchanligini keskin oshiradi. Bu usul arzonligi, soddaligi va tezkorligi tufayli afzallikka ega.

Tabiiy chuqur evtektik erituvchilar (NADES). NADES tabiiy birikmalardan (xolin xlorid, ure, shakar, organik kislotalar) tayyorlanadi. Ular bioparchalanishi, kam toksikligi va suvda oson erishi bilan ajralib turadi. Misollar: xolin xlorid:ure, xolin xlorid:limon kislota.

Reaktiv ekstraksiya. Maqsadli modda reaktiv ekstragent yordamida kimyoviy modifikatsiyalanadi, suvda eruvchan kompleks hosil qilinadi, so‘ngra asl shakliga qaytariladi.

Fermentlar. Fermentlar hujayra devorlarini parchalab, maqsadli moddalarning chiqishini osonlashtiradi, ammo ular bilan ishlash murakkab va uzoq davom etadi.

In situ o‘simlik suvida ekstraksiya (ISPWE). O‘simlik materialidagi tabiiy suvdan foydalanib, mikroto‘lqinli isitish yoki elektr impulslari yordamida maqsadli moddalarni ekstraksiya qilish.

O‘zgartiriladigan erituvchilar. Suvga aminlar qo‘shib, keyin CO_2 yuborish orqali eritmaning ion kuchini o‘zgartirish mumkin. CO_2 miqdori (bosimi) bilan eruvchanlikni boshqarish mumkin.

Subkritik suv. Subkritik suv (100–200 °C, 22.1 MPa gacha) oddiy suvga nisbatan pastroq qutbliikka ega bo‘lib, kamroq qutbli organik moddalarni eritish imkonini beradi. Biroq, yuqori harorat va bosim talab qilinadi.

Usullarni qiyosiy tahlili. Gidrotroplar va NADES suvning erituvchanligini oshirishning eng samarali va iqtisodiy usullari hisoblanadi. Fermentlar va subkritik suv esa yuqori xarajatlar yoki murakkablik tufayli cheklangan qo‘llanilishga ega.

Superkritik fluidlar (SKF)

Superkritik holat tushunchasi. Modda kritik harorat (Tkr) va kritik bosim (Pkr) dan yuqori sharoitda superkritik holatga o‘tadi. Bu holatda suyuqlik va gaz fazalari o‘rtasidagi farq yo‘qoladi, modda gazga xos past yopishqoqlik va suyuqlikka xos yuqori zichlikni oladi.

Superkritik suv va uglerod dioksidi. Superkritik CO_2 ($scCO_2$): Tkr = 304 K, Pkr = 7.38 MPa. Uchuvchan emas, yonmaydi, toksik emas va qutbliigini bosim bilan sozlash mumkin. Superkritik suv (scH_2O): Tkr = 647 K, Pkr = 22.1 MPa. Yuqori harorat va bosim talab qiladi.

ISSN 3030-3907

SKF ning qo‘llanilishi. SKF asosan ekstraksiyada qo‘llaniladi: $scCO_2$ efir moylari, kofein, aromalar ajratish; scH_2O organik chiqindilarni parchalash.

SKF ning afzalliklari va kamchiliklari. SKF atrof-muhit uchun xavfsiz, qayta ishlatilishi mumkin. Biroq, yuqori bosim va haroratni saqlash uchun katta energiya iste’moli talab qilinadi, bu jarayonning iqtisodiy va ekologik samaradorligini pasaytiradi.

Biologik parchalana oladigan erituvchilar

Bioparchalanish tushunchasi. Biologik parchalana oladigan erituvchilar mikroorganizmlar ta’sirida CO_2, suv va biomasa kabi zararsiz mahsulotlarga ajraladi. Bu ularning atrof-muhitga tasodifiy chiqib ketganda ham xavfsizligini ta’minlaydi.

Etil laktat. Etil laktat (etil-2-gidroksipropanoat) eng keng qo‘llaniladigan biologik parchalana oladigan erituvchidir. U qayta tiklanadigan xom ashyodan (masalan, makkajo‘xori) olinadi, toksik emas, yaxshi erituvchanlikka ega va sozlanishi mumkin (masalan, suv bilan aralashtirish orqali qutbliikni o‘zgartirish) (Dolzhenko, 2020). Etil laktat bo‘yoq, yelim, farmasevtika sanoatida qo‘llaniladi.

Boshqa biologik parchalana oladigan erituvchilar. Boshqa misollar: limonen, γ-valerolakton, 2-metiltetrahidrofuran.

Xulosa

Yashil kimyo tamoyillari asosida ekologik toza erituvchilarni ishlab chiqish va qo‘llash kimyoviy sanoatning barqaror rivojlanishi uchun muhim yo‘nalish hisoblanadi. Chuqur evtektik erituvchilar, ayniqsa tabiiy komponentlardan tashkil topgan NADES, keng qo‘llanilish imkoniyatiga ega. Suvning erituvchanlik qobiliyatini oshirishning turli usullari, xususan gidrotroplar va NADES, samarali va iqtisodiy jihatdan maqbul yechimlar hisoblanadi. Superkritik fluidlar, ayniqsa $scCO_2$, ekstraksiya sohasida o‘z o‘rniga ega bo‘lsa-da, yuqori energiya talabi ularning qo‘llanilish doirasini cheklaydi. Biologik parchalana oladigan erituvchilar, jumladan etil laktat, atrof-muhitga zararsizligi va qayta tiklanadigan manbalardan olinishi tufayli istiqbolli hisoblanadi. Kelajakda ushbu erituvchilarni birlashtirib qo‘llash orqali kimyoviy jarayonlarning ekologik va iqtisodiy samaradorligini yanada oshirish mumkin.

ADABIYOTLAR

1. Адизова, Н. З., М. С. Рахматов, and З. М. Бердиева. "Перспективы атмосферных оптических линий связи нового поколения." Современные материалы, техника и технология», Материалы: 134-135.

2. Ergashov M. Y., Sodiqov B. B. ZAMONAVIY KIMYO FANI O ‘QITUVCHILARINI SHAKLLANTIRISH USULLARI //Inter education & global study. – 2025. – №. 2. – С. 161-167.

ISSN 3030-3907

3. Yarashovich E. M. et al. UMUMIY ORTA TALIM MAKTABLARIDA ORGANIK KIMYO FANIDAN “ALKANLAR” MAVZUSINI OTISHDA PINBORD USULINI QOLLASH //INTELLECTUAL EDUCATION TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND INNOVATIVE DIGITAL TOOLS. – 2024. – T. 3. – №. 31. – C. 17-22.
4. Yarashovich E. M. et al. MODULLI O‘QITISH-O‘QUVCHILAR O‘QUV-BI'LUV FAOLIYATI SAMARADORLIGINI OSHIRISH TEXNOLOGIYASI //Galaxy International Interdisciplinary Research Journal. – 2022. – T. 10. – №. 10. – C. 682-686.

ISSN 3030-3907