



UDK: 372.8

Gulandom DALIMOVA,
O'zbekiston Milliy universiteti professori, k.f.d
E-mail: dalimova@list.ru

O'zbekiston Milliy universiteti dotsenti, k.f.n. S.Maulyanov taqrizi asosida

KIMYOVIY EKOLOGIYA KURSIDA «YASHIL KIMYO PRINSIPLARI»NI O'QITISH*

(* - maqolaning 1-qismi O'zMU xabarlar jurnalining 2024 yil 3/1 sonida keltirilgan)

Аннотация

Maqolada Tabiiy fiziologik faol birikmalar kimyosi yo'nalishi uchun ishlab chiqilgan yangi o'quv kursi – Kimyoviy ekologiya kursida “yashil kimyo” prinsiplarini o'qitishning o'ziga xos taraflari, uslubiy yondoshishlari, ushbu prinsiplarning mazmuni va ahamiyati ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: yashil kimyo, yashil kimyo prinsiplari, kimyoviy ekologiya, atrof-muhitning ifloslanishi, atrof-muhit muhofazasi, xom ashyo zahiralari, biotexnologiya, kimyo sanoati, pestisidlar, fosfororganik birikmalar.

TEACHING “PRINCIPLES OF GREEN CHEMISTRY” IN THE COURSE OF CHEMICAL ECOLOGY

Annotation

The article discusses specific aspects, methodological approaches, content and significance of the principles of “Green Chemistry” in a new educational course Chemical ecology, developed for the field of chemistry of natural physiologically active compounds.

Key words: green chemistry, principles of green chemistry, chemical ecology, environmental pollution, environmental protection, raw materials, biotechnology, chemical industry, pesticides, organophosphorus compounds.

ПРЕПОДАВАНИЕ «ПРИНЦИПОВ ЗЕЛеноЙ ХИМИИ» В КУРСЕ ХИМИЧЕСКАЯ ЭКОЛОГИЯ

Аннотация

В статье рассматриваются конкретные аспекты, методические подходы, содержание и значение принципов «зеленой химии» в новом учебном курсе Химическая экология, разработанном для образовательного направления химия природных физиологически активных соединений.

Ключевые слова: зеленая химия, принципы зеленой химии, химическая экология, загрязнение окружающей среды, охрана окружающей среды, сырьевые ресурсы, биотехнология, химическая промышленность, пестициды, фосфорорганические соединения.

“Yashil kimyo” jarayonlarida kataliz va erituvchilar. Kimyoviy jarayonlarda erituvchilar asosiy ifloslantiruvchilar (80-90%) hisoblanadi. Neft'ni qayta ishlash natijasida olingan oddiy organik erituvchilar toksik moddalar bo'lib, atrof-muhitga, inson salomatligiga va xavfsizlikka zarar o'tkazadi. Organik sintezda qo'llanishi mumkin bo'lgan “yashil” erituvchilar biologik parchalanishga moyil, zaharligi past, qaynash temperaturasi yuqori, oson qayta ishlanadigan va suv bilan aralashmaydigan moddalar bo'lishi kerak. Suv, ionli suyuqliklar (IS), polietilenglikollar va ba'zi superkritik suyuqliklar - superkritik flyuidlar (SKF) “yashil kimyo” jarayonlari uchun eng mos moddalardir. Shu asnoda zaharsiz va biologik parchalanuvchi modda – gliserin “yashil organik sintez” uchun juda mos keladi va ba'zan “organik suv” deb ataladi. Gliserinning qulay xossalari: biologik parchalana olishi, narxining pastligi, bug'lari bosimining pastligi, qaynash temperaturasining yuqori ekanligidir. Bundan tashqari, gliserin alifatik uglevodorodlar bilan aralashmaydi, yuqori darajada qutblilikka ega, vodorod bog'larini hosil qila oladi, organik va noorganik moddalarni yaxshi eritadi [1].

Superkritik suyuqliklar, superkritik flyuidlar (SKF) yoki “yashil” erituvchilar. Yashil kimyoning yo'nalishlaridan biri erituvchilarni almashtirish bilan bog'liq. Yashil Kimyoviy jarayonlarda erituvchi sifatida suv, biologik parchalanuvchi “yashil erituvchilar”, ionli suyuqliklar (past temperaturalarda suyuqlanuvchi tuzlar), superkritik suyuqliklar (deyarli suyuqlik holatigacha siqilgan gazlar) ishlatiladi.

Superkritik suyuqliklardan foydalanish ko'pincha uchuvchan organik erituvchilarni almashtirish bo'yicha va yangi, toza texnologiyalarni ta'minlovchi yashil kimyodagi muhim strategiya kabi ta'kidlanadi. Hozirgi davrda qariyb 20 yildan beri superkritik suyuqliklar yordamida tabiiy birikmalarni turli masshtablarda ajratib olish bo'yicha klassik misollar mavjud. Ushbu misollarning ko'pchiligida qattiq substratlarga superkritik CO₂ ta'sir ettirilishi natijasida kutilgan mahsulotni olish yoki keraksiz qo'shimcha moddalarni yo'qotish kuzatiladi. Kimyoviy reaksiyalarda superkritik CO₂ reagentlarining erituvchisi yoki katalizator vazifasini bajarib, ularning ta'sir etishini osonlashtiradi [2].

Superkritik holatda moddalar alohida o'ziga xos xususiyatlarini -suyuqlikning erituvchanlik xususiyatini va gazning yuqori kiruvchanlik xususiyatlarini namoyon qiladi. Ushbu xususiyatlarning birgalikda jamlanishi superkritik suyuqliklarni ko'pchilik texnologik jarayonlarda samarali erituvchi sifatida qo'llanilishini, inson va tabiat uchun havfli bo'lgan organik erituvchilarni xavfsiz superkritik erituvchilarga almashtirilishini ta'minlaydi. Ekologik toza erituvchilar orasida yonmaydigan, zaharli bo'lmagan superkritik CO₂ (scCO₂) polimerlar sintezida yaxshi alternativ erituvchi sifatida anchadan beri ma'lum [3]. Eng ko'p tarqalgan va ekologik xavfsiz moddalardan biri bo'lgan suvni superkritik xolatga o'tkazish ancha qiyin, chunki uning kritik nuqtasi parametrlari juda katta: T_{kr} = 374°C, P_{kr} = 220 atm. Zamonaviy texnologiyalar bunday ko'rsatkichlarga javob bera oluvchi qurilmalarni yaratish imkonini beradi, biroq, bunday temperatura va bosim diapazonlarida ishlash bir muncha qiyin kechadi. Superkritik suv deyarli barcha organik moddalarni (ko'rsatilgan temperaturada parchalanib ketmaydigan moddalarni) erita oladi. Superkritik suvga kislorod qo'shilganda u juda kuchli oksidlovchi muhitga aylanadi: har qanday organik modda bunday muhitda bir necha minut davomida H₂O va CO₂ ga aylanadi. Hozirgi vaqtda kimyogarlar ushbu usul yordamida maishiy chiqindilarni, eng avvalo plastik idishlarni qayta ishlash ustida tadqiqotlar olib bormoqdalar [4].

Superkritik CO₂ ning erituvchanlik qobiliyati geksanning erituvchanligiga o'xshashdir, va mana shu xossasi tufayli oziq-ovqat sanoatida qo'llanadi. Masalan, yashil kofe donalaridan kofeinni ajratib olish uchun scCO₂ ishlatiladi. Ushbu jarayon yordamida katta masshtablarda kofein ajratib olinadi. Bunda faqat kofeinni ekstraksiya qilib, boshqa aromatik komponentlar xom ashyo tarkibida saqlanib qoladi, erituvchi esa o'zidan hech qanday iz qoldirmaydi. Shunga o'xshash texnologiyalar pivo ishlab chiqarilishida oddiy qulmoqni (xme'l) ekstraksiya qilishda, tamakidan nikotinni ekstraksiya qilib ajratib olishda, hamda parfyumeriya sanoatida turli aromatik birikmalarni ekstraksiya qilishda qo'llanadi. Hozirgi davrda organik erituvchilarni boshqa sohalarida ham scCO₂ ga almashtirish borasida tadqiqotchilarning urinishlari sezilarli darajada ortgan. An'anaviy organik erituvchilardan foydalanish borgan sari qimmatlashmoqda, scCO₂ ni qo'llash esa nafaqat ekologik jihatdan toza, balki samaraliroqdir.

Superkritik erituvchilar qo'llanadigan texnologiyalar yangi materiallar sintezida, ekstraksiya, tozalash, fraksiyalash, polimerizatsiya, gidrotermal reaksiyalar, materiallarga qoplamalarni surtish, biomassani qayta ishlash, bo'yash va boshqa jarayonlarda erituvchi talab qilinmaydigan

muhitni yaratib, shuningdek jarayonning oddiyligi va qayta foydalanish imkoniyatini, yuqori unum, oqava suvlarning va ikkilamchi ifloslantiruvchi moddalarning hosil bo'lmashligini ta'minlab bermoqda [5].

Superkritik erituvchilarning kimyoviy texnologiyada ishlatilishining afzalliklari quyidagilardan iborat [6]:

Ekologik ahamiyati. Atrof-muhit barqarorligiga erishish unga bo'ladigan ta'sirlarning minimizatsiyasidan boshlanadi, va superkritik suyuqliklar ushbu aspekta eng yaxshi erituvchilar hisoblanadi. Galogenuglevodorodlar yoki uchuvchan organik birikmalardan farqli ravishda superkritik suyuqliklar toksik emasligi, yonuvchan emasligi bilan ajralib turadi. Ularning ushbu xususiyatlari inson salomatligiga salbiy ta'sir va atrof-muhit ifloslanishi xavflarini mustasno etadi. Bundan tashqari, superkritik suyuqliklarning erituvchanlik xususiyati juda yuqori bo'lib, ushbu jarayonlarda zararli chiqindilar hosil bo'lmaydi.

Uglerod izining qisqartirilishi. "Yashil" erituvchilarning alohida xususiyatlaridan biri atrof-muhitga uglerod saqlovchi chiqindilar chiqarilishining kamaytirilishi va energiya sarfining qisqartirilishidir. Superkritik suyuqliklar turli jarayonlarda qayta ishlovdan so'ng yana ishlatish uchun jarayonga cheklanmagan vaqt davomida kiritilishi mumkin. Energiya sarfini katta hajmda talab qiluvchi jarayonlarni yoki utilitatsiya usullarini talab qiluvchi an'anaviy erituvchilardan farqli ravishda superkritik suyuqliklar yopiq sikl bo'yicha ishlatilib, chiqindilar hosil bo'lishini ahamiyatli darajada kamayishiga va energiya sarfining qisqartirilishiga olib keladi.

Qo'llash sohaslarining universalligi. Superkritik suyuqliklar sanoatning turli sohaslarida qo'llanishi mumkin: farmasevtikadan tortib to oziq-ovqat sanoatigacha. Farasevtika sanoatida superkritik suyuqlik flyuid ekstraksiyasi usuli (SCFE) tabiiy birikmalarni ajratib olishda, tozalashda va dori vvositalarini yetkazish sistemalarida ishlatiladi. Analogik tarzda oziq-ovqat sanoatida superkritik SO₂ dekofeinizatsiyada, aromatizator va hid beruvchi moddalarni ajratib olishda, hamda qo'shimcha moddalarni yo'qotishda ishlatiladi.

Yuqori selektivlik va samaradorlik. Superkritik suyuqliklarning tayanch afzalliklaridan biri ularning ekstraksiya jarayonlarida yuqori selektivlik qobiliyatidir. Temperatura, bosim va tarkib kabi parametrlarning nozik sozlanishi tufayli ishlab chiqarish jarayonlarida alohida olingan moddalarni ajratib olish mumkin, va shu bilan ekstraksiyaning samaradorligi va sofligiga erishish mumkin. Bunday selektivlik jarayonlar mobaynidagi qayta ishlash operatsiyalarini minimumga olib keladi, bu esa o'z navbatida sarf-xarajatlarni iqtisodiga va jarayonning barqarorligiga olib keladi.

Suvsiz jarayonlar. Ko'pchilik sanoat jarayonlarida suv erituvchi yoki qayta ishlash muhiti sifatida xizmat qiladi. Bu suvning katta sarfiga va oqava suvlari hosil bo'lishiga olib keladi. Superkritik suyuqliklar yordamida suvsiz kimyoviy jarayonlarni o'tkazish va imkoni ochiladi. Bu esa suvning katta hajmda sarf etilishi va oqava suvlarni tozalash zaruratining oldini oladi. Masalan, kannabis moyini ekstraksiya qilib ajratib olish, ekstraksiyon xromatografiya kabi jarayonlarni olib borish barqaror yechimlarni ta'minlab beradiki, ular suvni iqtisod qilish va atrof-muhit muhofazasi prinsiplariga mos keladi.

Yashil kimyo prinsiplariga mos kelish. Yashil kimyo prinsiplarini hayotga joriy etish barqaror sanoat jarayonlariga erishishda birinchi darajali ahamiyat kasb etadi. Shu asnoda superkritik suyuqliklar yashil kimyo prinsiplariga uzviy ravishda mos keladi. Bu chiqindilar hosil bo'lishining minimallashtirishida, qayta tiklanuvchi resurslarning ishlatilishida va jarayonlarning samaradorligida o'z aksini topadi. Bundan tashqari, superkritik suyuqliklarning yumshoq sharoitlarda qo'llanishi temperaturaga sezgir birikmalarning saqlanib qolishiga va pirovardida energiya sarfining qisqartirilishiga, ekologik toza materiallardan foydalanishga olib keladi.

Normativ qoidalarning amal qilishi va iste'molchilarning talablari. Qattiq normativ qoidalar va iste'molchilar xabardorligi darajasining ortishi bilan belgilangan hozirgi davrda ishlab chiqarish korxonalaridan ekologik xavfsiz, toza jarayonlarni olib borish talab qilinmoqda. "Yashil" erituvchilardan foydalanish ishlab chiqarish korxonalarining o'z "brend"i reputatsiyasini yaxshilashga, raqobatbardoshligining ortishiga va atrof-muhit muhofazasi masalalariga o'z ulushini kiritishga olib keladi.

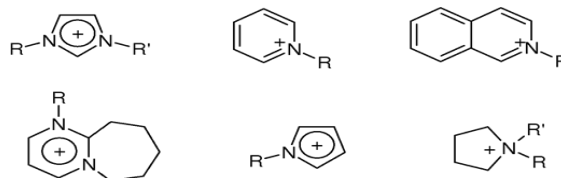
Iqtisodiy samaradorlik va uzoq muddatli iqtisod. Superkritik texnologiyalarga kiritiladigan dastlabki investitsiyalar qo'rqinchli bo'lib tuyulsa ham, uzoq muddatli foyda xarajatlardan ko'proq bo'lishi kutiladi. Kimyoviy jarayonlarni optimallashtirish, chiqindilar miqdorini kamaytirish natijasida superkritik suyuqliklar vaqt o'tgan sari energiyaning ahamiyatli darajada iqtisodini ta'minlab beradi. Bundan tashqari, superkritik texnologiyalarning universalligi ulardan mul'tifunksional foydalanishni ta'minlaydi, bu esa kimyoviy korxonalariga resurslardan optimal foydalanish va investitsion xarajatlarni maksimal qoplash imkoniyatini beradi.

Ionli suyuqliklar. "Yashil kimyo" maqsadlari uchun suvdan keyingi o'rinda turuvchi yaxshi erituvchilar - ionli suyuqliklardir. Ionli suyuqliklar faqat ionlardan iborat bo'lgan suyuqliklardir. Ushbu tushunchani keng ma'noda keltirsak, ionli suyuqliklar – har qanday suyuqlanma (rasplav) tuzlardir. Hozirgi davrda "ionli suyuqlik" termini ostida ko'pincha suyuqlanish temperaturasi suvning qaynash temperaturasidan past bo'lgan, ya'ni 100°C dan past bo'lgan tuzlar nazarda tutiladi, xususan, xona temperaturasida suyuqlanuvchi tuzlar shular jumlasidandir, ularni «RTL» yoki «Room-Temperature Ionic Liquids» deb nomlash qabul qilingan. Ionli suyuqliklar tarkibiga ko'pincha [PF₆]⁻, [BF₄]⁻, [CF₃SO₃]⁻, tozilat, alkilsulfat, [CH₃COO]⁻, NO₃⁻, Cl⁻ kiradi, alkil zanjirlari sifatida esa etil, butil, geksil, oktil va desil radikalari ishtirok etadi.

Ionli suyuqliklarning molekullari klassik ionli birikmalarga nisbatan ancha past simmetriyaga ega. Molekullari o'rtasida vodorod bog'lari ishtirok etuvchi suvdan, van-der-vaal's kuchlari ishtirok etuvchi organik erituvchilardan farqli ravishda ionli suyuqliklarda kulon o'zaro ta'sirlari asosiy hisoblanadi.

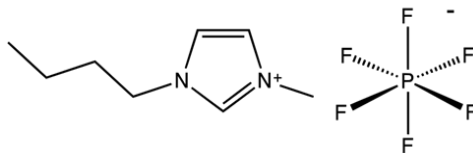
Ionli suyuqliklarning klassifikatsiyasi. Ionli suyuqliklar sirasiga keng spektrdagi moddalar kiritiladi, shuning uchun ularni klassifikatsiya qilish masalasi qiyinchilik tug'diradi [7]. Shunday bo'lishiga qaramasdan, ionli suyuqliklarni bir necha sinfga bo'lish mumkin:

- Organik kation va noorganik aniondan tuzilgan ionli suyuqliklar;
- Noorganik kation va organik aniondan tuzilgan ionli suyuqliklar;
- Organik ionli suyuqliklar;
- Noorganik ionli suyuqliklar;
- Xiral ionli suyuqliklar;

[NR₄]⁺[PR₄]⁺[SR₃]⁺

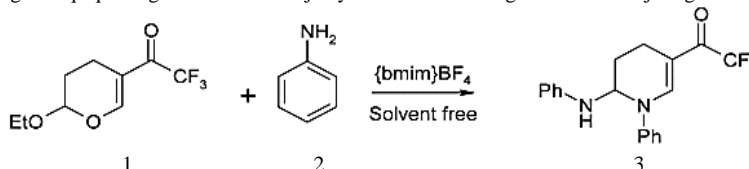
1-расм. Ионли сууқликлар таркибига кирувчи баъзи катионлар

Ionli suyuqliklar termik barqaror, elektr o'tkazuvchan, qovushqoqligi yuqori va kuchli erituvchilar bo'lib, bug'larining bosimi past (~10¹⁰ Pa, 25°C da). Ularning ba'zilar magnit xususiyatiga ega, masalan, 1-butil-3-metilimidazoliy tetraxlorferrat. Ionli suyuqliklardan eng ko'p o'rganilgani 1-butil-3-metilimidazoliy geksaftorfosfat (BMIM-PF₆) – qovushqoq, rangsiz, gidrofob, suvda erimaydigan, suyuqlanish temperaturasi -8°C ga teng modda:



2-расм. 1-butil-3-metilimidazoliy geksaftorfosfat (BMIM-PF₆)

Masalan, siklik yenonlar (1) va arilaminlarning (2) o'zaro ta'siri natijasida 87-97% unum bilan 1-aril-2-arilamin-5-triflorasetil-1,2,3,4-tetragidropiridinlarni (3) olish yo'lga qo'yilgan. Bunda reaksiyaning davomiyligi tanlangan usulga qarab keng diapazonni tashkil etadi. Ayni vaqtda sintezda 1-butil-3-metilimidazoliy tetraflorboratning [BMIM, BF₄] qo'llanilishi va jarayonning mikroto'liqinli nurlanish ta'sirida olib borilishi reaksiya davomiyligini 1 minutgacha qisqarishiga olib keladi. Bu jarayon davomida sinergetik effekt mavjudligidan dalolat beradi [8]:



Kimyoviy birikmalarning ionli suyuqliklarda eriy olishi vodorod bog'larining mavjudligiga va moddaning qutbliligiga bog'liq. Ionli suyuqliklar kimyoviy jarayonlarda erituvchi vazifasini o'tashidan tashqari, gazlar bilan ish olib borilganda, ko'mirmi qayta ishlashda, farmasevtik preparatlar ishlab chikarishda, yadro yoqilg'isi va sellulozani qayta ishlashda va boshqa qator maqsadlarda ishlatiladi. Hozirgi vaqtga kelib 1000 ga yaqin ionli suyuqliklar ma'lum, jumladan ularning 300 tasi kommersiya jihatidan sotib olish mumkin bo'lgan mahsulotlardir.

Xulosa. Shunday qilib, oxirgi yillarda e'lon qilingan adabiyotlardan foydalangan holda ishlab chiqilgan "yashil kimyo" va uning prinsiplari, "yashil kimyoning" umumiy sintez usullariga bag'ishlangan tahliliy ma'ruza shuni ko'rsatdiki, kimyo fanining rivojlanishi 20-asrning oxirlaridan boshlab hozirgi davrga qadar sifat jihatdan yangi bosqichga ko'tarilgan. Kimyo va biologiya yo'nalishlarida ta'lim olayotgan talabalar ushbu sohada amalga oshirilayotgan tadqiqotlar, erishilgan natija va yutuqlar, ularning xalq xo'jaligining turli sohalariga qay tarzda tatbiq etilayotgani haqida umumiy bilimga ega bo'lishlari davr taqozosidir. Bunday bilimlarga ega bo'lish bo'lajak mutaxassislarining fikr doirasini, bilim saviyasini kengaytiradi, ta'lim sifatini yuqori bosqichlarga ko'taradi.

ADABIYOTLAR

1. Díaz-Álvarez A.E., Francos J., Crochet P., Cadierno V. Recent advances in the use of glycerol as Green solvent for synthetic organic chemistry // *Curr. Green Chem.* – 2014. – 1. – P.51–65.
2. Amita Chaudhary, Ankur Dwivedi, Sreedevi. Chapter 28 - Supercritical fluids as green solvents / *Handbook of greener synthesis of nanomaterials and compounds.* - Volume 1: Fundamental Principles and Methods. – 2021. – P.891-916.
3. Wood C.D., Cooper A.I., Desimone J.M. Green synthesis of polymers using supercritical carbon dioxide // *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci.* – 8. – P.325–331.
4. Adschiri T., Lee Y.W., Goto M., Takami S. Green chemistry Green materials synthesis with supercritical water // *Green Chem.* – 2011. – 13. - P.1380–1390.
5. Lonkar S.P., Pillai V., Abdala A. Solvent-free synthesis of ZnO-Graphene nanocomposite with superior // *Appl. Surf. Sci.* – 2019. – 465. – P.1107–1113.
6. Reasons Why Supercritical Fluids are Called Green Solvents /
7. <https://www.buffaloextracts.com/knowledge/reasons-why-supercritical-fluids-are-called-green-solvents/>
8. Бурмистр М.В., Свердловская О.С., Бурмистр О.М., Феденко О.А. Современное состояние и основные тенденции развития перспективных ионных жидкостей // *Вестник Удмуртского университета. Физика. Химия.* - 2012. - №1. - С.55–68.
9. Chabakova A.K., Shchetova E.V., Abdurakhmanova N.M. Ionic liquids in organic synthesis // *Advances in current natural sciences.* - 2018. - № 12. – P.216-226.