

**Gulandom DALIMOVA,**  
*O'zbekiston Milliy universiteti professori, k.f.d.*  
 E-mail: dalimova@list.ru  
 Tel: (90) 188 29 26

*O'zbekiston Milliy Universiteti dosenti, k.f.n. S.A. Maulyanov taqrizi ostida*

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

Аннотасија

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 ЗЕЛЕННОЙ 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.

**Kirish.** Hozirgi zamon jamiyatida kimyo sanoatiga negativ munosabat mavjud. Chunki nisbatan yaqin vaqtlargacha inson faoliyatining masshtabi atrof-muhitning dinamik muvozanatiga ahamiyatli ta'sir ko'rsatmas edi. Lekin, ishlab chiqarishning intensiv rivojlanishi natijasida ushbu faoliyat borgan sari yuqori xavf tug'dirmoqda.

«Yashil kimyo» (Green Chemistry) – XX-asrning 90-yillarida vujudga kelgan ilmiy yo'nalish bo'lib, unga atrof-muhitga ijobiy ta'sir etuvchi kimyoviy jarayonlarni har qanday mukammallashtirish kiritiladi [1, 2]. Jahondagi ko'pchilik mamlakatlar laboratoriyalarida ishlab chiqilayotgan kimyoviy reaksiya va jarayonlarning yangi sxemalari ko'p tonnajli kimyo sanoatining atrof-muhitga ta'sirini kardinal kamaytirishga qaratmoqda. Odatda sanoatchilar agressiv muhitdan (erituvchi va reagentlar) foydalanishda ishchilarning ushbu moddalar bilan kontaktini kamaytirishga intilishar edi. «Yashil kimyo» yo'nalishi esa butunlay boshqa strategiyani ko'zda tutadi – kimyoviy reaksiya va jarayonlarni olib borishda dastlabki materiallar va jarayonlar sxemasini har taraflama o'ylab, shunday tanlash kerakki, zararli moddalar umuman ishlatilmasin. Shunday qilib, «Yashil kimyo» - o'ziga xos «san'at» bo'lib, nafaqat kerakli moddani olishga, balki uni atrof-muhitga zarar yetkazmasdan olishga imkon beradi. Hozirgi davrga kelib «Yashil kimyo»ning tarafdorlari soni O'zbekistonda ham ortib bormoqda. Bunga misol tariqasida 2011 yil mart oyida Samarqand davlat Universiteti o'tkazgan «Yashil kimyo barqaror rivojlanish maqsadida» deb nomlangan respublika ilmiy-amaliy konferensiyasini keltirish mumkin [3,4]. Yuqorida keltirilganlarni hisobga olgan holda «yashil kimyo» mavzularini oliy ta'lim talabalari uchun ishlab chiqish dolzarb masala ekanligini ta'kidlash lozim.

**Mavzuga oid adabiyotlar tahlili.** «Yashil kimyo» - kimyoda yangicha fikrlash, yangi konsepsiya, kimyoning yangi «tili» demakdir [5]. Uning vazifasi – zararli chiqindilarsiz, yoki ularning miqdorini minimallashtirgan holda yangi texnologiyalarni yaratishdan iborat. Respublikamizda kimyo sanoati rivojlangan sohalaridan hisoblansada, biroq, sanoat aksariyat sovet davrida rivojlangan bo'lib, u davrda ekologiya masalalari hozirgidek o'tkir tus olmagan edi. Tabiatni muhofaza qilish nafaqat MDH mamlakatlarida [6], balki O'zbekistonda ham o'zining to'liq yechimini topmagan muhim dolzarb masaladir. «Yashil kimyo» g'oyasi respublikamiz kimyogar-tadqiqotchilari, muhandislari uchun hech qachon begona bo'lmagan bo'lsada, biroq, uning prinsiplarini mutaxassislarining izlanishlarida qo'llanilishini tahlil qilish va uni baholash maqsadga muvofiq tarzda o'tkazilmagan.

Ekologik ta'limda «yashil kimyo» prinsiplariga asoslangan yangi yondoshishni shakllantirish uchun «Yashil kimyo» innovasion ta'lim dasturini ishlab chiqish kerak bo'ladi. «Yashil kimyo» kursining mavzularini ishlab chiqish va ularni o'qitish masalalari hozirgi pedagogik ta'limning eng dolzarb masalalaridan biridir [7]. Ushbu ishning maqsadi «Kimyoviy ekologiya» kursida talabalarga notanish bo'lgan «yashil kimyo prinsiplari»ning ma'ruza matnini va uni o'qitish metodikasini ishlab chiqishdan iborat. Shu vaqtgacha ushbu yo'nalish bo'yicha ta'lim dasturlari ishlab chiqilgan sanoqli holatlarni aytish mumkin [5, 8]. «Yashil kimyo» kursini o'qitish masalalarini konseptual muhokama qilishni hisobga olish kerak. Bu degan so'z, ushbu kursni alohida va majburiy tarzda emas, balki tanlab, boshqa kurslar bilan birgalikda, masalan, «kimyoviy ekologiya», «sanoat ekologiyasi», «organik kimyo», «analitik kimyo», «bioorganik kimyo» kurslari tarkibida o'qitish tavsiya etiladi.

Kursning ma'ruzalari tarkibiga hozirgi zamonaviy kimyo sanoati, uglevodorod xom ashyosi manba'larining cheklanganligi, kimyoviy mahsulot ishlab chiqarishda «yashil kimyo»ning tutgan o'rni, «yashil kimyo» va ekologiyaning o'zaro bog'liq taraflariga tegishli mavzular kiritilishi kerak. Quydagi ma'ruza matni - qator adabiyotlarni tahlil qilish natijasida yakuniy ko'rinishga keltirilgan. Ma'ruzani «Kimyoviy ekologiya» fanining ma'ruzalari qatorida kimyo va biologiya yo'nalishlari talabalari uchun o'qish tavsiya etiladi.

**Yashil kimyo va uning prinsiplari (ma'ruza matni)**

Reja:

- 1.«Yashil kimyo» yo'nalishi haqida tushuncha.
- 2.«Yashil kimyo» prinsiplari – ishlab chiqilishi tarixi va mohiyati.
- 3.«Yashil kimyo» prinsiplarining amalda qo'llanishi.

Tayanch so'zlar: «Yashil kimyo», «Yashil kimyo» prinsiplari, kimyoviy ekologiya, atrof-muhitning ifloslanishi, biotexnologiya, superkritik suyuqliklar, ionli suyuqliklar.

**1.«Yashil kimyo» yo'nalishi haqida tushuncha.** Xom ashyo zahiralari oqilona ishlatish, energiyani iqtisod etish, atrof-muhitni muhofaza qilish, texnologik avariylarning oldini olish va bo'lishi mumkin bo'lgan xavf-xatarlarni boshqarish – maxsus bilim va ko'nikmalarga ega bo'lgan ma'lumotli mutaxassislarining ushbu jarayonlarda faol ishtirok etishini talab etadi. Shuning uchun hozirgi davrdagi ta'limning maqsadi mas'ul insonlar bo'lib yetishuvchi va global hayotiy qadriyatlarga ega bo'lgan mutaxassislarni tayyorlash bo'lishi kerak. Bunda tadqiqotchi-kimyogar, pedagog-kimyogar va muhandis-kimyogarlarning alohida o'rni ko'rsatib o'tish joiz, chunki atrof-muhit muhofazasi va «yashil kimyo» jamiyatning barqaror rivojlanishga o'tishida real yordam berishi mumkin.

XX-asrning 90-yillarida vujudga kelgan «Yashil kimyo» (Green Chemistry) ilmiy yo'nalishi atrof-muhitga ijobiy ta'sir etuvchi kimyoviy jarayonlarni har qanday mukammallashtirishni o'rganadi. Ko'pchilik mamlakatlar laboratoriyalarida ishlab chiqilayotgan kimyoviy reaksiya va jarayonlarning yangi sxemalari ko'p tonnali kimyo sanoatining atrof-muhitga ta'sirini kardinal kamaytirishga qaratilmoqda. «Yashil kimyo»da kimyoviy reaksiya va jarayonlarni olib borishda dastlabki materiallar va jarayonlar sxemasi zararli moddalar umuman ishlatilmasligini ko'zda tutgan strategiyaga suyanadi.

**2.«Yashil kimyo» prinsiplari – ishlab chiqilishi tarixi va mohiyati.** 1998-yilda P.T.Anastas va Dj.S.Uorner o'zlarining «Yashil kimyo: nazariya va amaliyot» (Green Chemistry: Theory and Practice) [1] nomli kitobida «Yashil kimyo»ning 12 prinsipini keltirganlar:

1. Chiqindilarni qayta ishlagandan ko'ra, yo'qotishlarning oldini olish kerak;
2. Sintez usullarini shunday tanlash kerakki, jarayonda ishlatilgan barcha materiallar maksimal darajada oxirgi mahsulot tarkibiga kirsin;
3. Sintez usullarini shunday tanlash kerakki, ishlatilayotgan va sintez bo'layotgan moddalar inson va atrof-muhit uchun iloji boricha zararsiz bo'lsin;
4. Yangi kimyoviy mahsulotlar yaratayotganda ilgari erishilgan ish samarasini saqlab qolishga intilish kerak, bunda zaharlilik kamayib borishi zarur;
5. Erituvchi va yordamchi moddalarni yaxshisi umuman ishlatmaslik kerak, agar buning imkoni bo'lmasa, ularning ishlatilishi zararsiz bo'lishi lozim;
6. Energiya sarfi, mahsulot qiymatini hisobga olib, atrof-muhit temperaturasiga va bosimiga yaqin temperatura va bosimda sintez olib borish kerak;
7. Texnik va iqtisodiy jihatdan foydali bo'lgan har bir holatda dastlabki va sarf etiluvchi moddalar qayta tiklanuvchi xom ashyodan bo'lishi zarur;
8. Imkon qadar oraliq mahsulotlarning hosil bo'lishiga yo'l qo'ymaslik kerak;
9. Har doim selektiv katalitik jarayonlarni afzal deb bilish kerak;
10. Kimyoviy modda ishlatilgandan so'ng atrof-muhitda qolib ketmasligi, xavfsiz mahsulotlarga ajralishi lozim;
11. Xavfli moddalar hosil bo'lishini analitik usullar orqali kuzatib borish kerak;
12. Ishlatiladigan moddalarni minimal xavfi (portlash, yong'in, gaz va suyuq moddalarning uchib va oqib ketishi) hisobga olingan holda tanlash kerak.

Ushbu prinsiplarning mohiyati - sintez qilinishi, ajratib olinishi, yoki biror texnologik jarayon yordamida hosil qilinishi zarur bo'lgan mahsulotni olish va undan foydalanishda atrof-muhitga va inson salomatligiga zarar yetkazmaslikdan iborat. Bunday ko'rsatkichlarga erishish qiyin, va ba'zan texnologik jarayonlarni tubdan o'zgartirilishini talab qiladi. Biroq, yillar o'tib, mana shu prinsiplar amal qilinishi shart bo'ladigan qoidalar darajasiga yetadi.

**3.«Yashil kimyo» prinsiplarini amalda qo'llash.** O'tgan 100 yil davomida kimyo sanoati mislsiz rivojlanib, organik sintez mahsulotlari yiliga millionlab tonnani tashkil etadi. Yashil texnologiyalar ba'zi sohalarida yaxshi rivojlangan (masalan, metall nanozarrachalar), biroq, boshqa sohalarida ushbu texnologiyalar hozirgacha rivojlanish boshidadir (masalan, to'qimalar injeneriyasi uchun biomateriallar ishlab chiqish). Yashil sintezning ba'zi aspektlari bo'yicha bir nechta monografiyalar [9, 10] va tahliliy maqolalar [11, 12] chop etilgan.

#### **Yashil kimyoning umumiy sintez usullari**

**Fizik-kimyoviy usullar.** Xavfli erituvchilar qo'llashni talab qilmaydigan, sintez jarayonlarini tezlashtiruvchi quyidagi fizik usullar hozirgi davrda ko'rib chiqilmada: mexanosintez, mikroto'lqinli reaksiyalar, gidrotermal (sol'votermal) reaksiyalar, ultratovush ta'siridagi sintez, yordamchi jarayonlar, reaksiyon sistemani UB nur bilan nurlantirish, magnit maydoni ta'siridagi sintez.

**Mexanokimyoviy sintez.** Kimyoviy reaksiyalar sferik tegirmonda olib borilishi natijasida mexanik energiya bilan boshqarilishi mumkin [13], bu usul, noorganik qattiq jismlarni qayta ishlash jarayonlarida qo'llanadigan klassik usulga qo'shimcha sifatida, organik kimyoda ham keng qo'llanadi [14]. Ushbu reaksiyalar erituvchisiz va xona temperaturasida amalga oshadi. Mexanokimyoviy sintezga misol sifatida polimerlar, aminokislota va peptidlar, koordinasion birikmalar, «sellyuloza-plastik» kompozitlari sintezi, asimmetrik organik reaksiyalar, hamda supramolekulyar kimyoviy reaksiyalarni keltirish mumkin.

**Mikroto'lqinli nurlanish.** Ham organik, ham noorganik sintezda mikroto'lqinli nurlanish yashil issiqlik manba'i bo'lib dipolyar qutblanishga asoslangan. Hozirda mikroto'lqinli nurlanish sintetik kimyoning an'anaviy instrumentiga aylangan [15]. Ul'tra yuqori chastotali energiya ionizasiyaga olib kelmaydigan nurlanish bo'lib, birikmalarning molekulyar tuzilishiga ta'sir o'tkazmaydi. Ushbu nurlanishning moddalarga ta'siri ularning dielektrik o'tkazuvchanligiga bog'liq, shuning uchun metanol, aseton, suv kabi moddalar ul'tra yuqori chastotali nurlanish ta'sirida tez isiydi.

**Fotokataliz.** UB nurlanish ta'sirida o'tadigan fotokimyoviy reaksiyalar organik sintezda reagentlarning reaksiyon qobiliyatiga ta'sir qila oluvchi elektron qo'zg'aluvchanlikka asoslangan [16]. Fotokataliz singlet kislorod hosil bo'lishi va uning fotooksigenasiyada ishtirokini (molekulyar kislorodning molekula tarkibiga qo'shilishi), fotokimyoviy jarayonlarning fermentativ kataliz bilan birgalikda borishini, uzluksiz oqimlar yoki ularni optimallashtirish uchun mikroreaktorlarni qo'llashni o'z ichiga oladi. Misol sifatida furan hosilalarining fotooksidlanishi natijasida azot saqlagan murakkab geterosikllarni sintez

qilish reaksiyalarini keltirish mumkin. Fermentativ asimmetrik oksidlanish va ftororganik moddalarni sintez qilish esa fotooksidlanish jarayonlari ta'sirida yengillashadi [17].

**Gidrotermal (sol'votermal) sintez.** Suvda o'tadigan gidrotermal reaksiyalar "yashil kimyo" maqsadlariga mos keladi, ekologik toza va turli materiallarni (kukunlar, plyonkalar, seolitlar, qimmatbaho toshlar, nanokristallar va boshqalar) ishlab chiqarishda keng qo'llanadi. Bu usul reagentlarning ortiqcha sarf bo'lishining oldini oladi va reaksiyani yuqori unum bilan olib borish imkonini beradi [18].

**Ul'tratovush yordamidagi sintez (sonokimyoviy sintez)** – faqat eritmalarda o'tadi, chunki kavitatsiya faqat suyuqlikda sodir bo'ladi. Bu usul akustik kavitatsiya asosida ishlaydi, ya'ni suyuqlikda hosil bo'ladigan pufaklarning o'sishi va yorilishi natijasida hosil bo'ladigan lokal bosim (1000 atm) va temperatura (5000°K) kimyoviy bog'larning energiyasiga ta'sir etmaydi. Bunday sharoitlarda erkin radikallar va H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ning hosil bo'lishidan tashqari, kimyoviy reaksiyalar boshlanishi va kuchlanib ketishi kuzatiladi. Ul'tratovush ta'siridagi sintez [19] va funksional materiallarni tayyorlash [33] – "yashil kimyo" sohasiga mos klassik yutuqlardandir [20], chunki ushbu jarayonlar uchun ko'p miqdorda energiya va xavfli kimyoviy moddalardan foydalanish talab etilmaydi. Masalan, ul'tra tovush ta'sir ettirilganda grafitni olmosga aylantirish mumkin.

#### ADABIYOTLAR

1. P.T.Anastas, J.C.Warner. Green Chemistry: Theory and Practice / New York: Oxford University Press. – 1998. - P.30.
2. Ryoji Noyori. Pursuing practical elegance in chemical synthesis // Chemical Communications. – 2005. – 14. – P.1807–1811.
3. Бобоёров Д., Мухаммаджонова Г.М., Далимова Г.Н. Разработка образовательной программы «Зеленая химия - химия в интересах устойчивого развития» // Материалы I Респ. конф. с межд. участием «Зеленая химия» - в интересах устойчивого развития, Самарканд, 2012. - 26-28 марта, С.505-507.
4. Бозорова Д., Джуманова З.К., Далимова Г.Н. Концепция современного направления «зеленая химия» в контексте исследований сорбционных свойств технических лигнинов и их производных // Материалы I Респ. конф. с межд. участием «Зеленая химия» - в интересах устойчивого развития, Самарканд, 2012. - 26-28 марта, С.14-16.
5. Савицкая Т.А., Леонтьев А.П., Кимленко И.М., Гриншпан Д.Д., Драшар П., Лам Т.Д., Лан Ф.Т. Преподавание зеленой химии: взгляд из Беларуси через призму мировых тенденций // Журнал Белорусс. гос. университета. Химия. – 2022. - №2. - С.83-94.
6. Тарасова Н.П., Макарова А.С., Вавилов С.Ю., Варламова С.Н., Щукина М.Ю. Зелёная химия и российская промышленность // Вестник Российской Академии Наук. - 2013. - том 83. - №12. - С.1-8.
7. Xaliknazarova N.Z., Suyunov S.A., Kurbanova A.D. "Yashil kimyo" goyalarini oqitishda ekologik yondashish // Academic Research in Educational Sciences. – 2022. – V.3. - №4. – P.1133-1139.
8. Лунин В.В., Локтева Е.С., Голубина Е.В. Инновационные образовательные программы в области химии. Научно-образовательный центр. «Химия в интересах устойчивого развития – зеленая химия» / М.: Изд-во МГУ. - 2007. – 117С.
9. Sheldon RA, Isabel Arends UH. Green chemistry and catalysis / Weinheim, Germany. – Wiley-VCH. - 2007.
10. Zhang L, Gong C, Bin D. Green chemistry and technologies / Berlin, Germany. - Walter de Gruyter GmbH & Co KG. - 2018.
11. Makone S.S., Niwadange S.N. Green chemistry alternatives for sustainable development in organic synthesis // Green Chem. – 2016. – P.113–115.
12. Hossein J., Ensieh G.L., Roshanak R-M., Thomas W. A review of using green chemistry methods for biomaterials in tissue engineering // Int. J. Nanomedicine 2018. – 13. – P.5953–5969.
13. Ranu B., Stolle A. Ball milling towards Green synthesis: applications, projects, challenges / Johnson Matthey Technol Rev. – 2016. – 60. – P.148–150.
14. Margetic D., Štrukil V. Mechanochemical organic synthesis, 1st edn. / The Netherlands. - Amsterdam. - 2016. - Elsevier. – 371P.
15. Ravichandran S., Karthikeyan E. Microwave synthesis — a potential tool for green chemistry // Int. J. Chem.Tech. Res. – 2011. – 3. – P.466–470.
16. Glasing J., Champagne P., Cunningham M.F. Current opinion in Green and sustainable chemistry graft modification of chitosan, cellulose and alginate using reversible deactivation radical polymerization (RDRP) // Curr. Opin. Green Sustain. Chem. - 2016. – 2. – P.15–21.
17. Ardila Arias A.N., Arriola E., Reyes Calle J., Berrio Mesa E., Fuentes Zurita G. Mineralización de etilenglicol por fotofenton asistido con ferrioxalato // Rev. Int. Contam. Ambient. – 2016. – 32. – P.213–226.
18. Xu Y., Ren B., Wang R., Zhang L., Jiao T. Facile preparation of rod-like MnO nanomixtures via hydrothermal approach and highly efficient removal of methylene blue for wastewater treatment // Nanomaterials. – 2019. - 9. – P.10.
19. Mason T.J. 2000 Ultrasound in synthetic organic chemistry // Chem. Soc. Rev. – 2000. – 26. – P.443–451.
20. Puri S., Kaur B., Parmar A., Kumar H. Applications of ultrasound in organic synthesis — a Green approach // Curr. Org. Chem. – 2013. – 17. – P.1790–1828.