UDK: 37.016:54

YASHIL KIMYO KONSEPSIYASI VA UNING KIMYO TA'LIMIDAGI ILMIY-PEDAGOGIK ASOSLARI

Isomatdinova Mahbuba Ismoil Qizi
Namangan davlat pedagogika instituti magistranti
Komilov Baxrom Jamoldinovich
Namangan davlat pedagogika instituti dotsenti

DOI: ***https://doi.org/10.5281/zenodo.24214996***

Annotatsiya. *Maqolada yashil kimyo konsepsiyasining shakllanishi, rivojlanish bosqichlari va ilmiy-nazariy asoslari tahlil qilinadi. Anastas va Warner tomonidan 1998-yilda tizimlashtirilgan o'n ikki tamoyilning mazmuni, ularning kimyoviy mahsulot va jarayonlarni loyihalashda xavfli moddalar hamda chiqindilarni kamaytirishdagi o'rni yoritiladi. Yashil kimyo g'oyalarini umumiy o'rta ta'lim kimyo faniga kiritish masalasi pedagogik nuqtayi nazardan ko'rib chiqiladi. Ilmiy manbalar tahlili asosida o'quv mazmuni, amaliy faoliyat, hayotiy kontekst va baholashni o'zaro bog'lovchi mualliflik nazariy-pedagogik modeli taklif etiladi. Model konseptual taklif bo'lib, uning samaradorligi keyingi tajriba-sinov tadqiqotlarida tekshirilishi lozim.*

Kalit so'zlar: *yashil kimyo, kimyo ta'limi, barqaror rivojlanish, ekologik ta'lim, o'n ikki tamoyil, kimyoviy savodxonlik, pedagogik model.*

GREEN CHEMISTRY CONCEPT AND ITS SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL FOUNDATIONS IN CHEMISTRY EDUCATION

Abstract. *This article examines the emergence and development of the green chemistry concept and its scientific foundations. It explains the twelve principles systematized by Anastas and Warner in 1998 and their role in designing chemical products and processes that reduce the use and generation of hazardous substances. The integration of green chemistry into general secondary chemistry education is considered from a pedagogical perspective. Based on an analysis of relevant literature, the article proposes an author-developed theoretical and pedagogical model linking curriculum content, practical activities, real-life contexts, and assessment. The model is conceptual and requires further empirical validation.*

Keywords: *green chemistry, chemistry education, sustainable development, environmental education, twelve principles, chemical literacy, pedagogical model.*

KIRISH

Kimyo fani insoniyatning oziq-ovqat, tibbiyot, energetika, qurilish materiallari va boshqa ko'plab ehtiyojlarini qondirishda muhim o'rin tutadi. Shu bilan birga, ayrim kimyoviy ishlab chiqarish jarayonlari zaharli moddalar, ortiqcha chiqindilar, yuqori energiya sarfi va tabiiy resurslardan samarasiz foydalanish bilan bog'liq ekologik muammolarni keltirib chiqarishi mumkin.

© **Namangan davlat pedagogika instituti** | **Tabiiy fanlar kafedrasi**
© "**Smart Quill Publishing" nashriyoti** | **www.smartquillpublishing.uz**

Bu holat kimyoviy mahsulot va jarayonlarni loyihalashda xavfsizlik hamda resurs tejamkorligini dastlabki bosqichdanoq hisobga olish zarurligini ko‘rsatadi.

Yashil kimyo ana shu ehtiyojga javoban shakllangan ilmiy yondashuvdir. Uning asosiy g‘oyasi ifloslanish yuzaga kelgandan keyin uni bartaraf etishdan ko‘ra, xavfli moddalar va chiqindilar hosil bo‘lishining oldini olishga qaratilgan. Anastas va Warner yashil kimyoni xavfli moddalarni ishlatish va hosil bo‘lishini kamaytiradigan yoki bartaraf etadigan kimyoviy mahsulotlar hamda jarayonlarni loyihalash deb ta’riflaydi [1].

Yashil kimyo tamoyillarini ta’lim jarayoniga kiritish o‘quvchilarga kimyoviy bilimlarni kundalik hayot, ishlab chiqarish, inson salomatligi va atrof-muhit bilan bog‘liq holda anglash imkonini beradi. Bunda maqsad faqat ekologik tushunchalarni qo‘shish emas, balki kimyoviy jarayonni baholashda modda, energiya, xavfsizlik va chiqindi omillarini birgalikda hisobga olish ko‘nikmasini rivojlantirishdir [5; 6].

Tadqiqotning maqsadi — yashil kimyo konsepsiyasining shakllanishi va nazariy asoslarini tahlil qilish, uning asosiy tamoyillarini umumiy o‘rta ta’lim kimyo fanining mazmuni bilan bog‘lash imkoniyatlarini aniqlash hamda nazariy-pedagogik model taklif etish.

Tadqiqot vazifalari: yashil kimyo konsepsiyasining rivojlanish xususiyatlarini yoritish; o‘n ikki tamoyilning mazmunini tizimlashtirish; yashil kimyo ta’limiga oid zamonaviy tadqiqotlarni tahlil qilish; tamoyillarni maktab kimyo ta’limiga moslashtirishning pedagogik yo‘nalishlarini taklif etish.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Yashil kimyo atamasi 1990-yillarda kimyoviy ifloslanishning oldini olish va kimyoviy jarayonlar xavfsizligini oshirishga qaratilgan ilmiy-amaliy yondashuvlar rivojlanishi bilan keng qo‘llanila boshladi. AQShda ifloslanishning oldini olishga doir qonunchilik va dasturlar ushbu yo‘nalishning institutsional shakllanishiga turtki berdi. 1998-yilda P. Anastas va J. Warner tomonidan nashr etilgan “Green Chemistry: Theory and Practice” asarida yashil kimyoning o‘n ikki tamoyili tizimli ravishda bayon qilindi [1].

Anastas va Eghbali yashil kimyoni faqat chiqindilarni kamaytirish bilan cheklamaydigan, balki kimyoviy mahsulot va jarayonlarning butun hayotiy siklida xavfsizlik, samaradorlik va resurslardan oqilona foydalanishni ko‘zda tutadigan yondashuv sifatida tavsiflaydi [2]. Shu jihatdan yashil kimyo ifloslanish yuzaga kelgach uni tozalashdan ko‘ra, uning oldini olishga ustuvor ahamiyat berishni anglatadi.

So‘nggi yillardagi tadqiqotlarda yashil kimyoni maktab ta’limiga kiritish masalasi ham o‘rganilmoqda. González-García, Marbà-Tallada va Espinet maktab tabiiy fanlari o‘quv mazmunini yashil kimyo bilan bog‘lashning ko‘p fanli, fan ichidagi va fanlararo kesishuvchi yo‘nalishlarini ko‘rib chiqadi [3]. Nahlik va hammualliflar esa o‘rta va boshlang‘ich ta’lim o‘qituvchilarining pedagogik mazmuniy bilimlarini tahlil qilib, yashil kimyo tamoyillarini dars mazmuni va amaliy faoliyat bilan bog‘lash muhimligini ta’kidlaydi [4].

Koulougliotis, Paschalidou va Salta tomonidan 2024-yilda chop etilgan maqolada o‘quvchilarning ekologik masalalarga jalb etilishi yashil kimyo g‘oyalaridan ilhomlangan o‘qitish

yondashuvlari orqali ko‘rib chiqiladi [5]. BMT Atrof-muhit dasturining 2023-yilgi qo‘llanmasida esa yashil va barqaror kimyo ta’limini rasmiy, norasmiy hamda kundalik ta’lim muhitlarida rivojlantirishga doir kompetensiyalar, o‘qitish usullari va baholash yo‘llari yoritilgan [6].

Tahlil qilingan manbalar yashil kimyo ta’limining ahamiyatini asoslaydi. Shu bilan birga, maktab kimyo darsida o‘quv mazmuni, amaliy faoliyat, hayotiy kontekst va baholashni yagona pedagogik tizimda bog‘lash masalasini mahalliy ta’lim sharoitiga mos ravishda ishlab chiqish zarur. Ushbu maqolada taklif etilayotgan model ana shu ehtiyojga qaratilgan konseptual yondashuvdir.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot nazariy-tahliliy xarakterga ega. Unda yashil kimyo nazariyasiga oid fundamental asarlar, kimyo ta’limi bo‘yicha ilmiy maqolalar va xalqaro tashkilotlar materiallari o‘rganildi. Tadqiqotda quyidagi metodlardan foydalanildi: tarixiy tahlil — konsepsiyaning shakllanishi va rivojlanish bosqichlarini yoritish uchun; mazmuniy tahlil — o‘n ikki tamoyilning mohiyatini aniqlash uchun; qiyosiy tahlil — ilmiy manbalardagi ta’limiy yondashuvlarni solishtirish uchun; pedagogik umumlashtirish va modellashtirish — tamoyillarni maktab kimyo ta’limiga moslashtirish yo‘nalishlarini ishlab chiqish uchun.

Tadqiqot empirik tajriba-sinov ishlarini qamrab olmaydi. Shu sababli maqolada o‘quvchilar bilimining o‘sishi, model samaradorligi yoki statistik natijalar haqida da’vo qilinmaydi. Taklif etilayotgan model ilmiy adabiyotlar tahliliga asoslangan nazariy konstruksiya sifatida taqdim etiladi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Yashil kimyoning o‘n ikki tamoyili kimyoviy mahsulot va jarayonlarni ekologik jihatdan maqbulroq loyihalashga xizmat qiladi. Ular bir-biridan ajratilgan qoidalar emas, balki modda va energiya sarfi, xavfsizlik, chiqindi, qayta tiklanuvchi resurslar hamda jarayonlarni nazorat qilishni yaxlit tizimda ko‘rib chiqishga undaydi [1; 2].

1-jadval. Yashil kimyoning o‘n ikki tamoyili va ularni maktab kimyo ta’limida yoritish imkoniyatlari

№	Tamoyil	Ta’lim mazmunida yoritish yo‘li
1	Chiqindilarning oldini olish	Chiqindilarni hosil bo‘lgandan keyin yo‘qotish emas, balki ularning hosil bo‘lishini oldindan kamaytirish.
2	Atom iqtisodiyoti	Reaksiya tenglamasi asosida boshlang‘ich moddalardagi atomlarning mahsulot tarkibiga o‘tishini tahlil qilish.
3	Kam zararli kimyoviy sintez	Inson salomatligi va atrof-muhit uchun xavfi kam bo‘lgan moddalar va jarayonlardan foydalanish.
4	Xavfsiz kimyoviy moddalarni loyihalash	Samarali ta’sirga ega, lekin zaharliligi past bo‘lgan kimyoviy mahsulotlarni yaratish.
5	Xavfsiz erituvchilar va yordamchi moddalardan foydalanish	Erituvchi va yordamchi moddalarni imkon qadar ishlatmaslik yoki xavfsizroq muqobillarini tanlash.

6	Energiya samaradorligi	Isitish va sovitish talab qiladigan tajribalarni energiya sarfi nuqtayi nazaridan solishtirish.
7	Qayta tiklanuvchi xomashyo	O‘simlik kelib chiqishli xomashyo va qayta tiklanmaydigan resurslar farqini muhokama qilish.
8	Hosila moddalarni kamaytirish	Keraksiz qo‘shimcha reaksiyalar, himoya guruhlari va reagent sarfini tushuntirish.
9	Kataliz	Katalizatorning reaksiya tezligi va reagent sarfiga ta’sirini misollar bilan izohlash.
10	Parchalanishga mo‘ljallangan mahsulotlar	Biologik parchalanish, polimerlar va mahsulotning foydalanishdan keyingi taqdirini o‘rganish.
11	Real vaqt rejimida tahlil	Jarayon davomida rang, harorat, pH yoki boshqa ko‘rsatkichlarni kuzatish va o‘zgarishni qayd etish.
12	Avariya xavfini kamaytirish	Reagentlarning xavf xususiyatlari, saqlash qoidalari va tajriba xavfsizligini tahlil qilish.

Jadvaldan ko‘rinadiki, yashil kimyo tamoyillarining aksariyatini maktab kimyo kursidagi mavjud mavzular bilan bog‘lash mumkin. Masalan, “Kimyoviy reaksiyalar” mavzusida atom iqtisodiyoti va chiqindi miqdori, “Eritmalar” mavzusida erituvchi tanlash, “Kataliz” mavzusida energiya sarfi va jarayon samaradorligi, “Polimerlar” mavzusida esa mahsulotning foydalanishdan keyingi parchalanishi muhokama qilinishi mumkin. Bunda yashil kimyo alohida, uzilgan mavzu sifatida emas, balki kimyoviy tushunchalarni chuqurroq anglashga yordam beruvchi yondashuv sifatida kiritiladi.

Yashil kimyo ta’limida tajriba ishlarining o‘rni alohida ahamiyatga ega. Biroq maktab laboratoriyasida har qanday tajribani “yashil” deb atash to‘g‘ri emas. Tajriba xavfsizligi, reagent miqdori, chiqindining xususiyati, energiya sarfi va utilizatsiya yo‘li birgalikda baholanishi lozim. Masalan, mikromiqyosdagi tajribalar reagent sarfini kamaytirishi mumkin, ammo ishlatilgan moddalarning xavfliligini avtomatik ravishda yo‘q qilmaydi. Shu bois o‘qituvchi tajribani tanlashda xavfsizlik yo‘riqnomalari va maktab laboratoriyasi imkoniyatlariga amal qilishi zarur.

YASHIL KIMYO TAMOYILLARINI KIMYO TA’LIMIGA MOSLASHTIRISH MODELI

Ilmiy adabiyotlar tahlili asosida yashil kimyo tamoyillarini umumiy o‘rta ta’lim kimyo faniga kiritish uchun to‘rtta o‘zaro bog‘liq komponentdan iborat nazariy-pedagogik model taklif etiladi: mazmuniy, amaliy-faoliyatli, kontekstli va baholash komponentlari. Modelning maqsadi kimyoviy bilimlarni ekologik va ijtimoiy mas’uliyat bilan bog‘liq holda o‘zlashtirishga sharoit yaratishdan iborat.

2-jadval. Yashil kimyo tamoyillarini kimyo ta’limiga moslashtirishning mualliflik modeli

Komponent	Mazmuni	Kutiladigan ta’limiy natija
Mazmuniy	O‘quv mavzularini yashil kimyoning tegishli tamoyillari bilan bog‘lash; modda, energiya, xavfsizlik va chiqindi tushunchalarini izchil yoritish.	O‘quvchi kimyoviy bilimni ekologik oqibatlar bilan bog‘laydi.
Amaliy-faoliyatli	Mikromiqyosli, xavfi kamaytirilgan va chiqindisiz kam tajribalarni tanlash; kuzatish va ma’lumot qayd etish.	O‘quvchi tajriba jarayonini xavfsizlik va resurs tejamkorligi mezonlari bilan baholaydi.
Kontekstli	Mahalliy hayot, maishiy kimyo, suv, qadoqlash, chiqindi va ishlab chiqarish bilan bog‘liq muammolardan foydalanish.	O‘quvchi kimyoviy bilimning kundalik hayotdagi ahamiyatini anglaydi.
Baholash	Bilimni qo‘llash, dalillash, xavfsizlikka rioya qilish, chiqindi va resurs sarfini tahlil qilish mezonlaridan foydalanish.	O‘quvchi asoslangan xulosa chiqaradi va muqobil yechimlarni taqqoslaydi.

Mazmuniy komponent yashil kimyo g‘oyalarini o‘quv dasturidagi mavjud kimyoviy tushunchalar bilan bog‘laydi. Amaliy-faoliyatli komponent o‘quvchini kuzatish, tajriba o‘tkazish, xavfsizlik qoidalariga rioya qilish va natijalarni tahlil etishga jalb qiladi. Kontekstli komponent kimyoviy bilimni mahalliy va kundalik muammolar bilan bog‘laydi. Baholash komponenti esa faqat yakuniy javobni emas, balki o‘quvchining tanlagan yechimini dalillar bilan asoslay olishini ham hisobga oladi.

Taklif etilgan model González-García va hammualliflarining maktab tabiiy fanlari mazmunini ko‘p fanli, fan ichidagi va fanlararo kesishuvchi o‘lchamlarda ko‘rib chiqish yondashuviga zid emas; aksincha, uni darsni rejalashtirish va baholash darajasida pedagogik jihatdan to‘ldiradi [3]. Shu bilan birga, mazkur maqoladagi to‘rt komponentli model muallif tomonidan adabiyotlar tahlili asosida ishlab chiqilgan konseptual taklif bo‘lib, mavjud empirik model sifatida talqin qilinmasligi kerak.

Modelni amaliyotga joriy etishda o‘qituvchi avvalo mavzuga mos tamoyilni tanlaydi, keyin o‘quv maqsadi va hayotiy kontekstni belgilaydi, xavfsiz amaliy faoliyatni rejalashtiradi hamda o‘quv natijasini tegishli mezonlar asosida baholaydi. Bunday ketma-ketlik yashil kimyo tamoyillarini dars mazmuniga sun’iy qo‘shishning oldini olib, ularni kimyoviy tushunchalarni o‘rganish jarayoniga singdirishga yordam berishi mumkin.

XULOSA

O‘tkazilgan nazariy-tahliliy ishlar asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. Yashil kimyo kimyoviy mahsulot va jarayonlarni loyihalashda xavfli moddalar hamda chiqindilar hosil bo‘lishining oldini olish, energiya va xomashyodan oqilona foydalanish, inson salomatligi va atrof-muhit xavfsizligini ta’minlashga qaratilgan ilmiy yondashuvdir.

2. Anastas va Warner tomonidan tizimlashtirilgan o‘n ikki tamoyil yashil kimyoning nazariy asosini tashkil etadi. Ular kimyoviy jarayonni faqat mahsulot chiqimi bilan emas, balki atomlardan foydalanish, reagent va erituvchi xavfsizligi, energiya sarfi, qayta tiklanuvchi xomashyo hamda chiqindining oldini olish mezonlari bilan baholashga imkon beradi.

3. Xalqaro ilmiy adabiyotlarda yashil kimyoni maktab ta’limiga integratsiyalashda kontekstli, izlanishga asoslangan, muammoli va amaliy faoliyatga yo‘naltirilgan yondashuvlarning ahamiyati ta’kidlanadi.

4. Maqolada mazmuniy, amaliy-faoliyatli, kontekstli va baholash komponentlarini birlashtiruvchi mualliflik nazariy-pedagogik modeli taklif etildi. Model yashil kimyo tamoyillarini kimyo fanining mavjud mavzulari bilan bog‘lashga xizmat qilishi mumkin.

5. Keyingi tadqiqotlarda modelni umumiy o‘rta ta’lim maktablarida tajriba-sinovdan o‘tkazish, o‘quv topshiriqlari tizimini ishlab chiqish va o‘quvchilarning kimyoviy savodxonligi hamda ekologik fikrlashidagi o‘zgarishlarni tegishli mezonlar asosida baholash maqsadga muvofiq.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Anastas, P. T., Warner, J. C. Green Chemistry: Theory and Practice. Oxford University Press, 1998.

2. Anastas, P. T., Eghbali, N. Green Chemistry: Principles and Practice. Chemical Society Reviews, 2010, 39, 301–312. https://doi.org/10.1039/B918763B.

3. González-García, P. J., Marbà-Tallada, A., Espinet, M. A model of curricular content for the educational reconstruction of Green Chemistry: the voice of Chilean science teachers and science education researchers. Chemistry Education Research and Practice, 2023, 24, 1190–1203. https://doi.org/10.1039/D3RP00063J.

4. Nahlik, P., Kempf, L., Giese, J., Kojak, E., Daubenmire, P. L. Developing Green Chemistry Educational Principles by Exploring the Pedagogical Content Knowledge of Secondary and Pre-Secondary School Teachers. Chemistry Education Research and Practice, 2023, 24, 283–298. https://doi.org/10.1039/D2RP00229A.

5. Koulougliotis, D., Paschalidou, K., Salta, K. Secondary School Students’ Engagement with Environmental Issues via Teaching Approaches Inspired by Green Chemistry. Sustainability, 2024, 16(16), 7052. https://doi.org/10.3390/su16167052.

6. United Nations Environment Programme. Specialized Manual on Green and Sustainable Chemistry Education and Learning: Advancing Green and Sustainable Chemistry Education and Learning in All Segments of Society. UNEP, 2023. https://doi.org/10.59117/20.500.11822/44540.

© **Namangan davlat pedagogika instituti** | **Tabiiy fanlar kafedrasi**
© “**Smart Quill Publishing” nashriyoti** | **www.smartquillpublishing.uz**