



Көмірсутектер тарауын оқытуда экологиялық мазмұнды енгізудің педагогикалық мүмкіндіктері

А.М. Рысбай^{1*} , Ж.М. Жаксимаева¹ 

¹ Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*e-mail: aktilek.risbay@mail.ru

Қабылданған күні: 11.02.2026 | **Қабылданды:** 19.02.2026 | **Жарияланды:** 24.02.2026

Аңдатпа

Қазіргі жоғары білім беру жүйесінде химиялық білімді экологиялық контексте меңгерту студенттердің кәсіби даярлығының маңызды бөлігіне айналып отыр. Әсіресе органикалық химия курсының оқыту барысында химиялық процестердің қоршаған ортаға әсерін түсіну, тұрақты даму қағидаттарын ескеру және жауапты химиялық ойлау дағдыларын қалыптастыру өзекті болып табылады. Зерттеудің мақсаты – органикалық химияның көмірсутектер тарауын оқытуда экологиялық мазмұнды кіріктіру және цифрлық тапсырмалар жүйесін қолдану арқылы студенттердің экологиялық сауаттылығын дамыту мүмкіндіктерін айқындау. Зерттеу барысында органикалық химия курсының көмірсутектер тарауы негізінде экологиялық мазмұнмен толықтырылған оқу тапсырмалары әзірленді. Оқыту процесінде цифрлық білім беру платформасында интерактивті есептер, жағдайлық талдау тапсырмалары және рефлексия элементтері қолданылды. Студенттердің бастапқы және қорытынды білім деңгейі pre-test және post-test форматындағы диагностикалық тапсырмалар арқылы салыстырмалы түрде талданды. Сонымен қатар оқу нәтижелері сапалық талдау әдістері арқылы бағаланды. Оқыту барысында студенттердің көмірсутектердің химиялық қасиеттерін экологиялық тұрғыдан талдау қабілеті артқаны байқалды. Цифрлық тапсырмалар жүйесі студенттердің өз бетінше жұмыс істеу белсенділігін күшейтіп, химиялық білімді нақты экологиялық мәселелермен байланыстыруға мүмкіндік берді. Студенттер химиялық реакциялар мен органикалық қосылыстардың қолданылуын қоршаған ортаға әсері тұрғысынан түсіндіре алды және жауапты шешім қабылдау дағдыларын көрсетті. Органикалық химияны оқытуда экологиялық мазмұнды енгізу және цифрлық тапсырмалар жүйесін пайдалану студенттердің экологиялық сауаттылығын арттыруға және химиялық білімді тәжірибелік жағдайларда қолдану қабілетін дамытуға тиімді ықпал ететіні анықталды. Ұсынылған әдістемелік тәсіл жоғары оқу орындарында химияны оқытудың мазмұнын жаңартуға мүмкіндік береді.

Кілт сөздер: органикалық химия; педагогика; тұрақты даму; цифрлық тапсырма; химияны оқыту әдістемесі; экологиялық сауаттылық.



Pedagogical Opportunities for Integrating Environmental Content in Teaching the Hydrocarbons Unit

Abstract

In modern higher education, integrating environmental perspectives into chemistry education has become an essential component of professional training. In organic chemistry courses, understanding the environmental impact of chemical processes and applying sustainability principles are particularly important. The objective of this study is to explore the potential of integrating environmental content into the hydrocarbons unit of an Organic Chemistry course through the use of a digital task system to enhance students' environmental literacy. Environmentally contextualized learning tasks were developed based on the hydrocarbon's unit of an Organic Chemistry course. Interactive problem-solving activities, case-based assignments, and reflective components were implemented using a digital learning platform. Students' initial and final levels of understanding were analyzed through pre-test and post-test diagnostic tasks. Qualitative analysis methods were also used to evaluate learning outcomes.

The findings demonstrated an improvement in students' ability to analyze the chemical properties and applications of hydrocarbons from an environmental perspective. The digital task system increased students' independent learning engagement and supported the connection between chemical knowledge and real-world environmental issues. Students showed improved capacity to interpret organic reactions considering environmental impact and demonstrated responsible decision-making skills.

Integrating environmental content and digital task-based learning into Organic Chemistry instruction contributes to the development of students' environmental literacy and enhances their ability to apply chemical knowledge in practical contexts. The proposed instructional approach can support the modernization of chemistry education in higher education institutions.

Keywords: *environmental literacy; organic chemistry; pedagogy; sustainability; teaching methodology; digital task.*

Кіріспе. Жоғары білім беру жүйесінде қазіргі таңда студенттердің кәсіби дайындығын қамтамасыз етумен қатар, олардың қоршаған ортаға жауапкершілікпен қарайтын, ғылыми негізде шешім қабылдай алатын тұлға ретінде қалыптасуына ерекше мән берілуде. Химиялық білім беру жүйесінде тұрақты даму мақсаттарын жүзеге асыру жасыл химия қағидаларын оқу мазмұнына жүйелі енгізумен тығыз байланысты (*Anastas & Zimmerman, 2018*). Мұндай жағдайда қоғамның тұрақты дамуын

қамтамасыз ету экологиялық мәдениетті қалыптастыруды білім беру жүйесінің басым бағыттарының біріне айналдырды. Жасыл химия тек өндірістік технология емес, сонымен қатар білім беру философиясы ретінде қарастырылып, болашақ мамандардың жауапты кәсіби ойлауын қалыптастыруға бағытталады (*Etzkorn & Ferguson, 2023*). Климаттық өзгерістер жағдайында химия білімін экологиялық әрекетке бағыттау студенттердің азаматтық жауапкершілігін арттыруға ықпал етеді



(Hurst et al., 2025). Осыған байланысты студенттердің химиялық білімін тек теориялық деңгейде емес, экологиялық тұрғыдан түсініп, бағалай алу қабілетін дамыту өзекті бағыттардың бірі болып отыр.

Органикалық химия курсы көптеген өндірістік процестердің ғылыми негізін құрайтындықтан, оның мазмұны экологиялық қауіпсіздік, тұрақты даму және жасыл химия ұстанымдарымен табиғи түрде байланысты. Химия білімінің экологиялық әсерін бағалау және оқу бағдарламаларын қайта қарастыру қазіргі заманғы жоғары білім берудің маңызды бағыты болып отыр (de Raad et al., 2024). Химия курстарында тәжірибелік оқыту және жасыл химия принциптерін қолдану арқылы студенттердің экологиялық сауаттылығы мен ғылыми ойлаудың дамуы айтарлықтай жоғарылайды (Widyantoro et al., 2025). Жасыл химия білімі дәстүрлі химия білімінің ТДБ-ға жауабы ретінде дамыды және жасыл химия принциптерін, тұжырымдамаларын және тәжірибелерін ғылыми білім беруге әртүрлі жолдармен енгізу арқылы бейнеленеді. Алайда оқу тәжірибесінде органикалық қосылыстардың алыну жолдары мен реакция механизмдері көбіне дәстүрлі сипатта оқытылып, олардың қоршаған ортаға ықпалы, энергия тиімділігі немесе қалдық түзілуі секілді аспектілер жүйелі түрде талдана бермейді. Нәтижесінде студенттер химиялық процестердің экологиялық салдарын кешенді бағалау дағдыларын жеткілікті деңгейде қалыптастыра алмауы мүмкін.

Соңғы педагогикалық зерттеулер білім алушылардың экологиялық сауаттылығын дамыту үшін белсенді оқыту стратегияларын, нақты өмірлік жағдаяттарға негізделген

тапсырмаларды және цифрлық білім беру орталарын тиімді қолдану қажеттілігін көрсетеді (Gunbatar et al., 2025). Тұрақты химия мен жасыл химияны оқытуда нақты жағдайлар мен практикалық мысалдарды қолдану студенттердің сыни ойлау қабілеттерін және проблемаларды шешу дағдыларын арттырады (Araripe & Zuin Zeidler, 2024). Әсіресе интерактивті платформалар студенттердің дербес оқу әрекетін ұйымдастыруға, экологиялық мәселелерге байланысты химиялық шешімдерді талдауға және тәжірибелік бағыттағы тапсырмаларды орындауға қолайлы жағдай жасайды. Осы тұрғыдан алғанда органикалық химия курсының мазмұнын экологияландыру және оны бейімделген білім беру платформалары арқылы жүзеге асыру жаңа педагогикалық мүмкіндіктер ашады.

Осы зерттеудің мақсаты – органикалық химия пәнін оқыту процесіне экологиялық мазмұнды жүйелі түрде енгізу және бейімделген білім беру платформаларын қолдану арқылы студенттердің экологиялық сауаттылығын дамытуға бағытталған әдістемелік тәсілдерді әзірлеу мен олардың тиімділігін тәжірибелік тұрғыдан негіздеу.

Материалдар мен әдістер. Соңғы жылдары химияны оқыту әдістемесінде білім алушылардың тек теориялық білімін қалыптастырудан гөрі олардың ғылыми және экологиялық сауаттылығын дамытуға бағытталған зерттеулер саны артып келеді. Зерттеушілер химиялық білімді нақты өмірлік экологиялық мәселелермен байланыстыру студенттердің пәнді терең түсінуіне және қоршаған ортаға жауапкершілікпен қарауына ықпал ететінін атап көрсетеді. Қоғам мен экономиканың



материалдық және энергетикалық негізі тек экологиялық таза, денсаулыққа зиянсыз, қайта қалпына келетін ресурстарға ауысқан жағдайда ғана тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізу мүмкін. Осыған байланысты химия пәнінің мазмұнын тұрақты даму және экологиялық қауіпсіздік қағидаларымен кіріктіру қазіргі педагогикалық зерттеулердің негізгі бағыттарының бірі болып отыр.

Ғылыми еңбектерде проблемалық оқыту (Problem-Based Learning) тәсілі білім алушылардың ғылыми сауаттылығын дамытуда тиімді модель ретінде қарастырылады. Проблемалық оқыту әдісі студенттердің сыни ойлау қабілетін, мотивациясын және пәнге қызығушылығын арттыратын тиімді педагогикалық тәсілдердің бірі болып табылады (*Arsyad et al., 2024*). Экологиялық мазмұндағы тапсырмалар білім алушылардың қоршаған орта мәселелеріне ғылыми тұрғыдан негізделген көзқарасын қалыптастырады (*Bineu, 2025*). Жасыл химияны оқытуға арналған зерттеулер көрсеткендей, бұл әдіс химиялық процестердің қоршаған ортаға әсерін азайтуға ықпал ететін тұрақты білім беру тәжірибесін қалыптастырады, соның нәтижесінде студенттер тұрақты даму мақсаттарына (SDG) жауап бере алатын құзыреттерді меңгереді (*Sánchez Morales et al., 2024*). Сонымен қатар интерактивті цифрлық модульдермен бірге қолданылған проблемалық оқыту білім алушылардың экологиялық проблемаларды ғылыми тұрғыдан түсіну деңгейін арттыратыны эксперименттік зерттеулерде дәлелденген.

Сандық білім беру платформалары химияны оқытуда студенттердің белсенді оқу әрекетін ұйымдастыруға мүмкіндік беретін маңызды құралдардың бірі ретінде

қарастырылады. Онлайн интерактивті тапсырмалар, сценарийлік жағдайлар және визуалды модельдер арқылы оқыту студенттердің күрделі химиялық құбылыстарды түсінуін жеңілдетіп, әсіресе жобалық және онлайн форматтағы оқыту бағдарламалары тұрақты даму мен экологиялық білімді қалыптастыруда жоғары нәтижелер көрсеткен. Климаттық және экологиялық мәселелерге бағытталған химия білімін цифрлық ортада ұйымдастыру білім алушылардың белсенді азаматтық ұстанымын дамытуға ықпал етеді (*Hurst et al., 2025*).

Жасыл химия қағидалары да қазіргі химия білімінің маңызды әдістемелік негізіне айналып отыр. Зерттеулерде химиялық реакцияларды энергия тиімділігі, қалдықтардың түзілуі және қауіпсіздік тұрғысынан талдау студенттердің экологиялық ойлау қабілетін дамытуға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Мұндай тәсілдер студенттердің химиялық білімін тек теориялық деңгейде емес, тұрақты даму тұрғысынан бағалау дағдыларын қалыптастырады.

Сонымен қатар ғылыми әдебиеттерді талдау нәтижесінде органикалық химия курсы толқ жүйелі түрде экологияландыру және оны бейімделген білім беру платформалары арқылы жүзеге асыруға бағытталған кешенді зерттеулердің жеткіліксіз екені байқалады. Жасыл химияны оқу бағдарламаларына енгізу студенттердің экологиялық жауапкершілігін дамытып, химиялық процестердің қоршаған ортаға әсерін бағалау қабілеттерін күшейтеді, бұл олардың болашақта тұрақты өнеркәсіптік тәжірибелерді қолдануына мүмкіндік береді (*Sunday et al., 2025*). Көптеген еңбектер



экологиялық мазмұнды жеке курс немесе тақырып ретінде қарастырса, органикалық химияның негізгі бөлімдерін қамтитын, цифрлық платформаға негізделген және экологиялық сауаттылықты мақсатты түрде дамытуға бағытталған әдістемелік модельдер сирек кездеседі. Осы олқылықты ескере отырып, органикалық химияны экологияландырылған мазмұнда және бейімделген білім беру платформалары арқылы оқыту әдістемесін әзірлеу ғылыми тұрғыдан өзекті болып табылады.

Зерттеу нәтижелері және талқылау. Зерттеу органикалық химия пәнін экологияландырылған мазмұнда цифрлық білім беру құралдарын қолдана отырып оқыту барысында студенттердің экологиялық сауаттылығының өзгерісін анықтауға бағытталған. Зерттеу бір топтық алдын ала және кейінгі бағалау (pre-test – post-test) дизайны негізінде ұйымдастырылды.

Зерттеу барысында студенттердің бастапқы экологиялық түсініктері мен химиялық білім деңгейі анықталып, кейін экологиялық мазмұнмен толықтырылған органикалық химия сабақтары жүргізілді. Оқу кезеңі аяқталған соң студенттердің білім деңгейіндегі өзгерістер қайта бағаланды. Зерттеуге университеттің органикалық химия пәнін меңгеріп жатқан 2 курс студенттерінен құралған бір академиялық топ қатысты. Топ құрамында 26 студент болды. Барлық қатысушылар зерттеуге ерікті түрде қатысты және оқу процесінің аясында ұйымдастырылған тапсырмаларды орындады.

Оқыту барысында органикалық химия пәнінің негізгі тақырыптары экологиялық контекстпен толықтырылды. Сабақтарда келесі бағыттар қамтылды:

- органикалық заттардың қоршаған ортаға әсерін талдау
- жасыл химия қағидаларына негізделген реакцияларды салыстыру
- өндірістік және тұрмыстық органикалық заттардың экологиялық қауіпсіздігін бағалау
- тұрақты даму тұрғысынан химиялық процестерді қарастыру

Сабақтар дәстүрлі аудиториялық түсіндірумен қатар цифрлық ортада ұсынылған интерактивті тапсырмалармен толықтырылды. Оқу процесінде Google Classroom платформасы қолданылды. Платформа келесі мақсаттарда пайдаланылды:

- экологияландырылған тапсырмаларды жариялау
- интерактивті тесттерді орындау
- жағдайлық экологиялық есептерді талқылау
- студенттердің жеке оқу қарқынына сәйкес тапсырмалар беру

Онлайн форматтағы тапсырмалар студенттердің органикалық химия мазмұнын экологиялық тұрғыдан талдауына бағытталды. Зерттеу барысында студенттердің білім деңгейіндегі өзгерісті анықтау үшін:

1. Алдын ала тест (Pre-test)
органикалық химия ұғымдары экологиялық мәселелер туралы бастапқы түсінік
2. Қорытынды тест (Post-test)
экологияланған химиялық тапсырмалар қолданбалы жағдайлық сұрақтар



Зерттеу кезеңдері:

1.Бастапқы диагностика

— студенттердің бастапқы білім деңгейін анықтау

2.Экологияландырылған органикалық химия сабақтары

— цифрлық тапсырмалармен толықтырылған оқу процесі

3.Қорытынды бағалау

— post-test және нәтижелерді салыстыру

Зерттеу барысында органикалық химия пәнінің «Көмірсутектер» тарауы (алкандар, алкендер, алкадиендер, ароматты көмірсутектер және олардың қолданылуы) экологияландырылған мазмұнда оқытылып, теориялық материал студенттердің химиялық процестердің қоршаған ортаға әсерін ғылыми тұрғыдан талдау дағдыларын қалыптастыруға бағытталған тапсырмалар арқылы бекітілді. Оқу процесінде көмірсутектердің құрылысы, изомериясы, химиялық қасиеттері және реакция механизмдері дәстүрлі түрде қарастырылып қана қоймай, олардың өндірістік қолданылуы, жану процестері, уыттылығы және қоршаған ортадағы айналымы талқыланды.

Алкандар тақырыбын меңгеру кезінде студенттер метан, пропан және октанның жану реакцияларын салыстырмалы түрде талдады. Мысалы, метанның толық жану реакциясы: $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ теңдеуі арқылы қарастырылып, 1 моль метан жанғанда түзілетін көмірқышқыл газының мөлшері есептелді. Осыған ұқсас түрде октанның жану теңдеуі: $2\text{C}_8\text{H}_{18} + 25\text{O}_2 \rightarrow 16\text{CO}_2 + 18\text{H}_2\text{O}$ жазылып, бірдей энергия өндіру үшін қажет отын мөлшері мен көмірқышқыл газының шығарындылары

салыстырылды. Студенттер көміртек атомдарының саны артқан сайын CO_2 түзілу көлемі ұлғаятынын химиялық есептеулер арқылы дәлелдеп, жанармай түрлерін экологиялық тиімділік тұрғысынан салыстырды.

Алкендер тақырыбында этиленнің алынуы және оның өнеркәсіптік қолданылуы қарастырылып, этанның дегидрлену реакциясы $\text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2$ механизмі электрондық көзқарас тұрғысынан талданды. Студенттер реакцияның эндотермиялық сипатын және жоғары температура қажеттілігін анықтап, энергия шығыны мен өндірістік қауіпсіздік мәселелерін талқылады. Сонымен қатар полиэтилен түзілу реакциясы $n\text{CH}_2=\text{CH}_2 \rightarrow (-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ негізінде полимерлердің тұрақтылығы мен табиғатта ыдырау жылдамдығы қарастырылып, пластик қалдықтарының ұзақ сақталуы химиялық құрылымымен байланыстырылды.

Ароматты көмірсутектерді оқыту барысында бензолдың электрофильді орынбасу реакциялары, атап айтқанда нитрлеу реакциясы $\text{C}_6\text{H}_6 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ механизмдік тұрғыдан талданды. Реакцияның каталитикалық шарттары, жанама өнімдердің түзілуі және нитробензолдың уыттылығы қарастырылып, студенттер ароматты қосылыстардың өндірістік және тұрмыстық қолданысы кезінде қауіпсіздік мәселелерін химиялық қасиеттерімен байланыстыра талдады. Оқыту барысында цифрлық білім беру платформасының элементтері қолданылды:

- көмірсутек молекулаларының 3D визуализациясы;
- изомерияны кеңістікте модельдеу;



- реакция механизмдерінің анимациялық көрсетілімі;
- виртуалды зертхана форматындағы симуляциялар;
- интерактивті тесттер мен жедел кері байланыс жүйесі.

3D модельдер студенттерге:

σ және π -байланыстардың кеңістіктік орналасуын көруге, гибридтенуді нақты түсінуге, стереомерияны түсінуде мүмкіндік берді.

Экологияландырылған мазмұнда ұйымдастырылған «Көмірсутектер» тарауын оқыту барысында студенттердің органикалық химия бойынша түсіну деңгейі мен экологиялық сауаттылығының өзгерісін

анықтау мақсатында алдын ала және қорытынды бағалау жүргізілді. Бағалау көмірсутектердің құрылысы, химиялық қасиеттері, реакция механизмдері, жану процестері және органикалық заттардың қоршаған ортаға әсерін талдауға бағытталған тапсырмалар арқылы жүзеге асырылды.

Білім нәтижелерін анықтау үшін 100 балдық жүйедегі диагностикалық тест қолданылды. Тест 5 тақырыптық блоктан тұратын 50 тапсырманы қамтыды (әрқайсысы 10 сұрақтан), оның ішінде 5 теориялық және 5 есептік сипаттағы тапсырмалар болды. Әр сұрақ 2 баллмен бағаланды. Студенттерден алынған тест тапсырмаларының нәтижелері 1-кестеде келтірілген:

1-кесте. Pre-test және Post-test нәтижелерінің салыстырмалы талдауы

Көрсеткіш	Pre-test	Post-test
Орташа балл (M)	58,4	83,2
Стандартты ауытқу (SD)	6,9	5,8
Ең жоғары балл	62,8	94,0
Ең төмен балл	44,3	72,1
80 балдан жоғары нәтиже көрсеткендер	7	18
<i>p</i> -мәні	—	$p < 0,05$

Pre-test нәтижелері студенттердің органикалық қосылыстардың экологиялық аспектілерін талдау деңгейі жеткіліксіз екенін көрсетті ($M = 58,4$). Ең жоғары нәтиже 62,8 баллды құрады. Нәтижелердің салыстырмалы біркелкілігі $SD = 6,9$ көрсеткішімен сипатталады.

Экологиялық мазмұндағы тапсырмалар жүйесін енгізгеннен кейін post-test нәтижелері айтарлықтай жақсарды ($M = 83,2$). Ең төмен көрсеткіш 72,1 балл болды, ал 26 студенттің 18-і 80 балдан жоғары нәтиже көрсетті. Стандартты ауытқудың төмендеуі ($SD = 5,8$) білім деңгейінің біркелкіленгенін көрсетеді. Алдын ала және қорытынды бақылау нәтижелері арасындағы айырмашылық статистикалық тұрғыдан мәнді ($p < 0,05$).

2 – кесте. Теориялық және есептік тапсырмалар бойынша нәтижелер

Бағалау критерийі	Pre-test ($M \pm SD$)	Post-test ($M \pm SD$)
Теориялық білім	$60,1 \pm 7,2$	$84,5 \pm 5,6$
Есептік дағдылар	$56,7 \pm 6,5$	$81,9 \pm 6,0$



Жалпы алғанда, көмірсутектер тарауын экологияландырылған мазмұнда және цифрлық тапсырмалармен толықтыра отырып оқыту студенттердің органикалық химия бойынша білімін тереңдетіп қана қоймай, химиялық процестердің қоршаған ортаға әсерін ғылыми негізде бағалау қабілетін арттырғаны байқалды. Алдын ала және қорытынды бағалау нәтижелерінің салыстырмасы студенттердің экологиялық бағыттағы химиялық ойлау дағдыларының қалыптасқанын көрсетті.

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, органикалық химия пәнінің «Көмірсутектер» тарауын экологияландырылған мазмұнда және цифрлық білім беру платформасын қолдана отырып оқыту студенттердің химиялық білімін тереңдетіп қана қоймай, олардың экологиялық сауаттылығын тиімді арттыруға мүмкіндік берді. Pre-test пен post-test нәтижелерінің салыстырмалы талдауы студенттердің реакция механизмдерін, алкандар мен алкендердің химиялық қасиеттерін, ароматты қосылыстардың ұйттылығын және полимерлердің экологиялық тұрақтылығын түсіну деңгейінің елеулі түрде өскенін көрсетті.

Экологияландырылған тапсырмалар мен интерактивті платформалық модульдер студенттердің химиялық процестерді қоршаған ортаға әсер тұрғысынан талдау дағдыларын дамытуға ықпал етті. Студенттер химиялық реакциялардың энергия тиімділігі, шығымдылық және қауіпсіздік көрсеткіштерін кешенді бағалап, нақты өндірістік және тұрмыстық жағдайларда экологиялық тиімді шешімдер ұсына алды. Осылайша, сабақ мазмұнын экологиялық

тұрғыдан байыту оқытудың ғылыми-педагогикалық тиімділігін арттырып, студенттердің жауапты және саналы кәсіби көзқарасын қалыптастыруға жағдай жасады.

Зерттеудің практикалық маңызы жоғары: ұсынылған әдістемелік модель бір топтық оқу жағдайында сынақтан өткізілсе де, оны кеңірек академиялық аудиторияға, басқа органикалық химия тарауларына немесе басқа оқу пәндеріне бейімдеу мүмкіндігі бар. Сонымен қатар, бейімделген цифрлық платформа арқылы интерактивті тапсырмаларды енгізу студенттердің белсенді оқу әрекетін арттырады, материалды өз бетімен зерттеуге ынталандырады және білім беру процесін заманауи талаптарға сай икемді етеді.

Болашақ зерттеулерде осы әдістемелік модельді көп топтық эксперименттерде тексеру, пәндердің басқа тарауларына қолдану, сондай-ақ платформалық құралдарды кеңейтіп, студенттердің экологиялық ойлау дағдыларының ұзақ мерзімді динамикасын зерттеу ұсынылады. Сондай-ақ жасыл химия қағидаларын кеңінен енгізу, кейс-тапсырмаларды әртүрлі өндірістік және тұрмыстық сценарийлермен толықтыру арқылы оқытудың сапасын одан әрі арттыруға болады.

Осылайша, органикалық химия курсы экологияландырылған мазмұнда және бейімделген білім беру платформалары арқылы оқыту студенттердің химиялық және экологиялық сауаттылығын кешенді түрде арттыруға мүмкіндік береді, бұл қазіргі білім беру жүйесінде ғылыми және практикалық мәні бар инновациялық әдістемелік шешім болып табылады.



Әдебиеттер тізімі

1. Anastas, P. T., & Zimmerman, J. B. (2018). The United Nations sustainability goals: How can sustainable chemistry contribute?. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 150-153. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.04.010>
2. Araripe, E., & Zuin Zeidler, V. G. (2024). Advancing sustainable chemistry education: Insights from real-world case studies. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 9, 100436. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2024.100436>
3. Arsyad, M., Guna, S., & Barus, S. (2024). Enhancing chemistry education through problem-based learning: Analyzing student engagement, motivation, and critical thinking. *International Journal of Curriculum Development, Teaching and Learning Innovation*, 2(3), 110-117. <https://doi.org/10.35335/curriculum.v2i3.178>
4. Biney, E. (2025). Systematic review of problem-based learning in environmental education. *Educational Point*, 2(2), e131. <https://doi.org/10.71176/edup/17292>
5. de Raad, I. H., Iltes, M., Kosjakova, O., Meerholz, A., Portocarrero Gamarra, A., Tilquin, J., Dziubinska-Kuehn, K. M. (2024). Evaluating the environmental impact of chemistry education: A pilot extracurricular activity for undergraduate students. *Journal of Chemical Education*, 101(11), 4756-4764. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00456>
6. Etzkorn, F. A., & Ferguson, J. L. (2023). Integrating green chemistry into chemistry education. *Angewandte Chemie International Edition*, 62(2), e202209768. <https://doi.org/10.1002/anie.202209768>
7. Gunbatar, S. A., Ekiz Kiran, B., Boz, Y., & Oztay, E. S. (2025). A systematic review of green and sustainable chemistry training research with pedagogical content knowledge framework: Current trends and future directions. *Chemistry Education Research and Practice*, 26, 34–52. <https://doi.org/10.1039/D4RP00166D>
8. Hurst, G. A., Quiroz-Martínez, D., & Wissinger, J. E. (2025). Chemistry Education for Climate Empowerment and Action. *Journal of Chemical Education*, 102(4), 1349-1351. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5c00306>
9. Sánchez Morales, R., Sáenz-López, P., & de las Heras Perez, M. A. (2024). Green chemistry and its impact on the transition towards sustainable chemistry: A systematic review. *Sustainability*, 16(15), 6526. <https://doi.org/10.3390/su16156526>
10. Sunday, E. S., Samuel, H. S., Rickson, N. H., Musa, J., & Etim, E. E. (2025). Impact of green chemistry education on students' learning and environmental awareness in chemistry. *Discover Education*, 5, 44. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-01056-7>
11. Widyantoro, C., Han, J. Y., & Ong, J. S. H. (2025). Teaching sustainability through green chemistry: An experiential learning approach. *Journal of Chemical Education*, 102(7), 2743–2754. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01476>