

С.Ж. Сүйірбай

*Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан
(Хат-хабарға арналған автор. E-mail: sandu_ktl_97@mail.ru)*

ORCID 0000-0001-8845-678X

Мектептегі химиялық білім беруге жасыл химия принциптерін жүйелік ойлау арқылы кіріктіру

Соңғы бірнеше онжылдықта «жасыл химия» химиялық білім беруде ерекше орын алды. Алайда, «жасыл химия» бойынша оқу бағдарламаларын әзірлеу білім берудің барлық деңгейлерін бірдей қамтымады, негізінен факультативтік және жоғары сынып курстарына назар аударды. Теоретикалық және қолданбалы химияның халықаралық одағының химия бойынша білім берудегі жүйелік ойлау жобасының шеңберіне сүйене отырып, химияға жаһандық тұрақтылық мақсаттарына қол жеткізуге мағыналы және көрнекі үлес қосуға көмектесу үшін оқушыларға тұрақты дамудың молекулалық негіздерін үйрету үшін жүйелік ойлауды қолдану тәсілдері әзірленді. Хабер-Бош аммиак синтезі процесінің жалпы химия курстарында кеңінен қамтуды осы өндірістік процестің ғылыми, әлеуметтік және экологиялық жүйелермен күрделі өзара әрекеттесуін қарастыру үшін жүйелік ойлауды қолдану арқылы қалай кеңейтуге болатыны көрсетілген. Жүйелік ойлаудың тұжырымдамалық картасын кеңейту сияқты жүйелік ойлау құралдары осы ауқымды өндірістік процестің кірістері мен шығыстарын және әлеуметтік салдарын, соның ішінде азотты қосылыстардың планетарлық цикліндегі жоспарланған және күтпеген өзгерістерді бөліп көрсетуге көмектеседі. Химия бойынша білім беруде жүйелік ойлауды қолдану стратегиялары және оны мұғалімдер мен оқушылар алдында туындауы мүмкін мәселелерді шешу талқыланған және тұрақтылықтың молекулалық негіздерін үйрету үшін жүйелік ойлауды қолданатын жалпы химия мұғалімдеріне ұсыныстар берілген.

Кілт сөздер: жасыл химия, тұрақты даму мақсаттары, жүйелік ойлау, білім беру, орта мектеп, оқу бағдарламасы, тұрақты химия, жасыл химия принциптері.

Kipicne

2030 жылға дейінгі Тұрақты даму күн тәртібіне сәйкес Біріккен Ұлттар Ұйымының кедейлік, теңсіздік, климат, қоршаған ортаның деградациясы, өркендеу, бейбітшілік және әділеттілікке қатысты жаһандық мәселелерді шешуге бағытталған Тұрақты даму мақсаттары 2015 жылы құрылды. Мақсаттар өзара байланысты, халықаралық деңгейде пәнаралық ынтымақтастықты қажет етеді және оларға қол жеткізу үшін тұтас динамикалық жүйелерді қарастыруды талап етеді [1]. Қоғам бүгінде қалдықтардың ластануы және энергияны тұтыну сияқты экологиялық мәселелерге мұқият болуы керек. Оқушылар қоғамның бір бөлігі ретінде қоғамның қазіргі және болашақ дамуына үлес қосу үшін экологиялық мәселелер туралы хабардар болуы қажет. Оқушыларды экологиялық мәселелер туралы хабардар ету үшін оларды экологиялық мәселелермен таныстыру маңызды. Жоғарыда аталған идея Тұрақты даму мақсатына сәйкес келеді. Тұрақтылық білім берудегі теңсіздікке, климатқа, қоршаған ортаның нашарлауына, өркендеуге, бейбітшілік пен әділеттілікке байланысты жаһандық мәселелерді шешеді. Тұрақтылық адамдардың қазір және болашақта тұрақты және үйлесімді өмір сүре алатынын растайды. Оқушылар мен мұғалімдер жасыл химия тәжірибесін көбірек білетін болса, мектептер химиялық қалдықтарды тиімдірек басқара алады. Мектеп зертханасының қатты және химиялық қалдықтары қоршаған ортаны қорғау қағидаларына сәйкес болуы керек. Сондықтан мектептің химия зертханасында жасыл химия принциптерін біріктіру мектеп қауымдастығының барлық мүшелерінің экологиялық тұрақтылық тәжірибесін жақсарту туралы хабардар болуы мен түсінігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Демек, қоршаған ортаның тұрақтылығы бойынша ағартушы ретінде маңызды рөл атқару үшін химия мұғалімдері өз оқушыларына тиімді жасыл тәжірибені тарату үшін жеткілікті білім мен дағдылармен қарулануы керек. Жасыл химия химияны өнеркәсіпте және академияда қолдану тәжірибесін өзгертетіні сияқты, жасыл химиялық білім химия оқу бағдарламасына жаңа тұжырымдамалар мен стратегияларды енгізеді. Осылайша, химиялық білім бүгінгі және болашақ қоғамның тұрақты дамуына ықпал етеді.

Қазақстан Республикасының 2007-2024 жылдарға арналған Тұрақты дамуға көшу тұжырымдамасында ел өмірінің барлық салаларында тұрақтылыққа қол жеткізу қағидаттарының

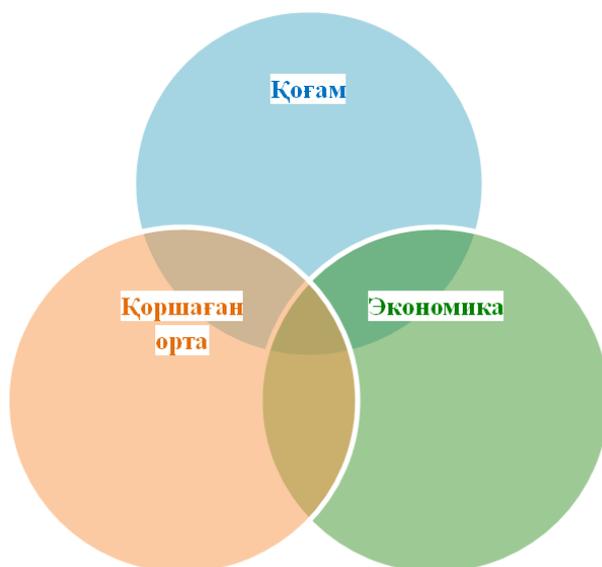
көрінісін, мақсаттарын, міндеттері мен негізгі тетіктерін айқындап берді. Ол дамудың экономикалық, экологиялық, әлеуметтік және саяси факторлары ықпалдасуы және Қазақстан халқының өмір сүру сапасын арттыруға бағытталған біртұтас процесс болуы тиіс деп көрсетті.

Тұрақты даму — бүгінгі саяси пікірталастарда жиі қолданылатын терминдердің бірі. Тұрақты даму мақсаттары Біріккен Ұлттар Ұйымы ұсынған әлеуметтік, экологиялық және экономикалық тұрақтылықты қамтамасыз ету арқылы бүкіл әлем бойынша әл-ауқатты арттыруға бағытталған 17 мақсаттың жиынтығы (1-сурет). Тұрақты даму мақсаттары болашақ ұрпақтың қажеттіліктерін қанағаттандыруға нұқсан келтірмей, қазіргі заманның қажеттіліктерін қанағаттандыру қағидатын ескере отырып әзірленген. Тұрақты даму болашақ ұрпақ үшін үнемдеу арқылы қазіргі ұрпақтың қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін бар ресурстарды пайдалануды білдіреді [2].



1-сурет. Тұрақты даму мақсаттары
https://economy.kz/kz/Celi_ustojchivogo_razvitija/Sobytiya_CUR/id=4308

Сонымен қатар, 2-суретте көрсетілгендей тұрақты дамудың үш негізгі тірегі бар; атап айтқанда экономикалық, әлеуметтік-саяси және экологиялық аспектілерге байланысты тұрақты даму [3]. Тұрақты дамудың тіректері жасыл химия қағидаттарымен байланысты.



2-сурет. Тұрақты даму схемасы

Жасыл химия принциптерін Пол Анастас пен Джон Уорнер құрды, олар экологиялық таза (немесе қоршаған ортаға қолайлы) химиялық процесті немесе өнімді анықтауға тырысты (Анастас, 2007) [4]. «Жасыл химия» адам денсаулығы мен қоршаған ортаға қауіпті азайту мақсатында химиялық процесті жобалаудың он екі қағидасын қамтиды (3-сурет). Жалпы, «жасыл химия» принциптері қауіпсіз химиялық заттардың дамуын, стехиометриялық реагенттерден гөрі катализаторларды қолдануды және қалдықтардың пайда болуын болдырмауды бөліп көрсетеді [5]. «Жасыл химия» — қауіпті заттарды пайдалану мен өндіруді азайтатын немесе жоққа шығаратын өнімді немесе процесті дамытуды ынталандыратын философия немесе тұжырымдама [6].



3-сурет. «Жасыл химияның» 12 принципі

Жүйелік ойлау күрделі және динамикалық жүйелердің құрамдас бөліктері арасындағы өзара байланыстар мен қарым-қатынастарды визуализациялауға мүмкіндік беретін когнитивтік шеңберлерді, стратегияларды және құралдарды пайдаланады, сонымен бірге жүйе уақыт өте келе қалай өзгеретінін және жүйе деңгейіндегі құбылыстардың жүйе бөліктері арасындағы өзара әрекеттесуден қалай пайда болатынын зерттейді [7]. Білім беру контексінде қолданылатын жүйелік ойлау студенттерге күрделі, пәнаралық, шынайы мәселелерді шешу үшін жоғары деңгейлі ойлау дағдыларын дамытуға көмектеседі [8]. Сондықтан бұл тәсіл студенттердің тақырыпты оқшауланған және редуционистік тұрғыдан түсінуден бас тартып, сәйкес сілтемелер мен болжау жүйесінің нәтижелерін бағалау арқылы бүкіл жүйелерді жан-жақты түсінуге әкелетін мәселелердің интеграцияланған және тұтас талдауына өтуіне ықпал ете алады.

Жүйелік ойлау химиялық білім беруді химиялық реакциялар мен процестер туралы фрагменттік білім беретін редуционистік тәсілдерден тыс, химия туралы білімнің біздің әлемде жұмыс істейтін динамикалық, күрделі әлеуметтік, технологиялық, экономикалық және экологиялық жүйелермен қалай байланысты екенін толық түсінуге әкеледі. Химия біліміндегі дамып келе жатқан жүйелік ойлау саласы жүйенің бөліктері арасындағы қатынастар мен қатынастарды визуализациялау, жүйе тәртібінің уақыт өте келе қалай өзгеретінін зерттеу және жүйе деңгейінің құбылыстары жүйенің бөліктері арасындағы өзара әрекеттесуден қалай пайда болатынын түсіну үшін құралдарды, стратегияларды және когнитивті құрылымдарды пайдаланады. Химиялық білім берудегі жүйелік ойлау жүйесі білім алушыны өзара байланысты үш түйін немесе ішкі жүйемен оқыту жүйесінің орталығына орналастырады. Білім беруді зерттеу және теория түйіні студенттердің жұмыс процестерін зерттейді және сипаттайды, соның ішінде: оқыту теориялары, оқу кезеңдері, оқытудың когнитивті және аффективті аспектілері және оқытудың әлеуметтік контекстері. Химияны оқыту және үйрену түйіні оқушылардың химияны үйренудің бірегей міндеттеріне қалай үйренетіні туралы жалпы түсінікті қолданады. Олар педагогикалық мазмұн туралы білімді пайдалануды қамтиды; болжамды оқу бағдарламасы қалай енгізілетінін, бағаланатынын, игерілетінін және қолданылатынын талдау; химияны қауіпсіз және тұрақты пайдалану жауапкершілігін қамтитын оқушылардың оқу нәтижелерін есепке алу. Жер және әлеуметтік жүйелер түйіні химиялық білім беруді БҰҰ-ның Тұрақты даму мақсаттары және планетарлық шекаралар шеңбері сияқты бастамаларда тұжырымдалған қоғамдық және экологиялық қажеттіліктерді қанағаттандыруға бағыттайды [9].

Жасыл және тұрақты химияның принциптері мен практикасы 20 жылдан астам уақыт бойы тұжырымдалғанымен, олар химия бойынша мектеп оқу бағдарламасына жүйелі түрде енгізілмеді.

Сондықтан, ғылыми мақаланың мақсаты — орта мектеп химия курсына жасыл химия принциптерін жүйелік ойлау арқылы біріктіру.

Зерттеу жұмысының міндеттері:

- Жасыл химиялық білім берудің әлемдік тәжірибелерін талдау;
- Жүйелік ойлауды қолдану тәсілдерін әзірлеу;
- Жүйелік ойлаудың тұжырымдамалық картасын жасау.

Оқытушылар мен зерттеушілер өздерінің оқыту мен зерттеулеріне тұрақты тәжірибелер мен тұжырымдамаларды мағыналы түрде енгізу үшін жұмыс жасады [10–11]. «Жасыл» химия

принциптері мен Біріккен Ұлттар Ұйымының Тұрақты даму мақсаттары дәрістерде, зертханаларда және ғылыми зерттеулерде химияны басқару үшін бірлесіп қолданылды [12–13]. Бұл күш-жігер ғылыми және білім беру қауымдастықтарымен жақсы құжатталған және бастауыш, орта және жоғары білім беру шеңберінде ұйымдастырылған [14–15]. «Жасыл химия» принциптерін тұрақты даму мақсаттарымен байланыстыру химиялық заттар мен олардың реакцияларын әр түрлі тұрғыдан жан-жақты қарастыруда пайдалы. Әрбір принцип пен мақсат материалдық немесе энергетикалық тиімділік сияқты ерекше аспектілерге бағытталған, бірақ кейбір принциптер мен мақсаттар бір-бірімен тығыз байланысты. Мысалы, «атом экономикасының» № 2 «жасыл химия» принципі қол жетімді және таза энергияға қатысты № 7 Тұрақты даму мақсатымен және климаттың өзгеруіне және оның салдарына қарсы шұғыл шаралар қабылдауды көздейтін № 13 мақсатпен байланысты [16]. Химияны тиісті мазмұнмен мағыналы контексте оқыту үшін «жасыл» химия принциптерін және оны тұрақты дамыту мен оқыту мақсаттарын байланыстыру үшін жүйелік ойлау тәсілін қолдануға болады.

Жүйелік ойлау — бұл белгілі бір жүйенің бөліктерін анықтайтын, олардың өзара әрекеттесуін көрсететін және уақыт өте келе жүйенің өзгеруін бағалайтын метакогнитивті тәжірибе [17–18]. Бұл жүйені осы өзгерістерге дейін және одан кейін бағалауға және өзара байланысты бөліктерден туындайтын қасиеттерді анықтауға мүмкіндік береді.

Жасыл химия және инженерия саласындағы бірнеше іргелі еңбектер жарияланғаннан кейін 20 жылдан астам уақыт өткен соң, соның ішінде «Анастас пен Уорнердің жасыл химия принциптері», Шелдонның «E-Factor» және «Сандестин принциптері», «жасыл және тұрақты химия» бүкіл әлем бойынша тәжірибешілер мен қолдаушылардың күшті базасына ие. Негізінде, «жасыл» және тұрақты химия — бұл химиялық тәжірибеге басқа көзқарас және осылайша тұтас, өмірлік циклге негізделген, жүйелі ойлау шеңберіндегі химияның негізгі тұжырымдамалары мен құралдарын қамтиды. Өмірлік цикл мен жүйелік ойлауға негізделген тұжырымдаманы қолдана отырып, химиктер адам денсаулығы мен қоршаған ортаға жағымсыз әсерлерді болдырмау немесе азайту арқылы экономикалық, экологиялық және қоғамдық пайданы арттыратын жаңа химиялық инновацияларды жасауға дайын болады.

Осы жылдар ішінде «жасыл» және тұрақты химия тұжырымдамалары мен тәжірибелерін химия оқу бағдарламасына біріктіру үшін көптеген әртүрлі тәсілдер жасалды. Кейбір білім беру бағдарламалары «жасыл химия» принциптерін өздерінің химия оқу бағдарламаларына толығымен біріктіруге тырысты [19]; басқалары жеке бағдарламалар жасады [20], «жасыл химия» бойынша тәуелсіз таңдау пәндері; басқалары зертханалық курстарды қосымша ауыстыру ретінде «жасыл химия зертханаларын» пайдаланды (негізінен органикалық) [21]; және басқалары дәстүрлі сыныптан тыс «жасыл химия» сабақтарын қосу үшін оқушылардың ынта-жігерін пайдаланды [22–23]. Дегенмен, бүкіл ел бойынша ынталы химия оқытушыларының әртүрлі күш-жігері мен инновациялық тәсілдеріне қарамастан, химия оқу бағдарламасына «жасыл» және тұрақты химия принциптері мен тәжірибелерін енгізу әлі стандартты тәжірибеге айналған жоқ. Сонымен қатар, соңғы 25 жылда білім беру ресурстарын әзірлеу және тарату бойынша күш-жігер негізінен сәйкес келмеді, осылайша «жасыл» және тұрақты химия тұжырымдамаларын химия оқу бағдарламасына біріктіру аяқталмай қалады.

Әдістер мен материалдар

Зерттеу жұмысы барысында келесі зерттеу әдістері қолданылады:

Теориялық әдістер; эмпирикалық әдістер; зерттеудің сапалық әдістері.

- модельдеу; болжам жасау; зерттелетін үдерістердің себеп-салдарлық талдауы; әдіснамалық, философиялық, психологиялық-педагогикалық және әдістемелік әдебиеттерді талдау;

Зерттеу бағыты бойынша соңғы жарық көрген шетелдік және отандық еңбектерге шолу жасалынды. Бұл зерттеудің міндетіне сәйкес мектептегі химиялық білім беруге жасыл химия принциптерін жүйелік ойлау арқылы біріктіру моделін құруға мүмкіндік берді.

Хабер-Бош реакциясын жүйелік ойлау тұрғысынан үйретудің тиімділігін бағалау үшін зерттеу барысында сапалық және сандық әдістер қолданылды.

1. Мұғалімдерге арналған сауалнама жүргізілді. Сауалнамаға 10-сыныптарда химия пәнінен сабақ беретін 45 мұғалім қатысты. Сауалнамада тұжырымдамалық карта мен жүйеге бағытталған визуализацияның сабақ барысында қолдану ыңғайлылығы, оқушылардың қызығушылығы мен түсіну деңгейіне әсері және олардың жүйелік ойлау қабілетіне ықпалы бағаланды.

2. Фокус-топ сұхбаттар ұйымдастырылды. Мұғалімдер мен оқушылардан құралған топтармен терең сұхбаттар өткізіліп, тұжырымдамалық карта негізінде аммиак өндірісі және оның экожүйеге әсері туралы талқылау жүргізілді.

3. Сабақта бақылау мен мазмұндық талдау әдістері, визуализация пайдаланылған және қолданылмаған сабақтардың нәтижелері салыстырылды.

Бұл зерттеу барысында жалпы 60 оқушы қатысты:

Эксперименттік топ: 30 оқушы (тұжырымдамалық карта және жүйелік ойлау тәсілі қолданылған).

Бақылау тобы: 30 оқушы (дәстүрлі оқыту әдісімен өткен).

Оқушылар 10-сынып деңгейіндегі химия пәнін меңгеріп жатқан, бірдей оқу бағдарламасын оқитын сыныптардан таңдалды. Бұл топтар салыстырмалы түрде біртекті болғандықтан, әдістің тиімділігін салыстыруға мүмкіндік туды.

Сонымен қатар, зерттеуге қатысқан оқушыларға жүйелік ойлау элементтері енгізілген тәжірибелік тапсырмалар мен рефлексиялық сұрақтар берілді. Жинақталған деректер сандық түрде өңделіп, нәтижелер салыстырмалы диаграмма түрінде көрсетілді.

Нәтижелер және оларды талдау

Негізгі құзыреттіліктерді қалыптастыру оқушылар жасыл және тұрақты химия туралы жан-жақты түсінікке ие болу үшін не білуі керек екенін нақты тұжырымдау жолындағы маңызды қадам болып табылады. Дегенмен, химия бойынша білім берудің бүкіл жүйесінде химияны оқыту нәтижелері мен негізгі құзыреттіліктердің дәйектілігін қамтамасыз ету бойынша айтарлықтай жұмыс істеу керек. Үлкен консистенцияға алғашқы қадам — жасыл және тұрақты химия және жүйелік ойлау ұғымдарын бекіту тұжырымдамаларының мазмұн карталарына, содан кейін барлық химия біліміне біріктіру. Бұл идеяларды химия оқу бағдарламасына сәйкестендіру кезінде осы негізгі құзыреттер химия негіздерін түсіну қажеттілігін қандай да бір түрде азайтады деген түсініктен аулақ болу керек. «Жасыл химияның» негізгі құзыреттіліктерінің тұжырымдамалары химия негіздерін оқытуды толықтырып, оқушылардың химияны түсіну қабілетін кеңейтіп, тұрақты дамудың үлкен мәселелерін шешетін шешімдерге үлес қосуы өте маңызды. Сонымен қатар, химия курсының әр түрі үшін жасыл және тұрақты химия және жүйелік ойлау саласындағы оқу мақсаттары мен нәтижелерден күтулерді анықтау қажет. Ең дұрысы, осы жұмысқа жүйелі көзқарасты қолдана отырып, мұғалімдер оңтайлы оқу мақсаттары мен нәтижелерді күтуге қатысты белгілі бір стандарттау мен келісімге қол жеткізеді.

Оқу бағдарламасы жасыл және тұрақты химия ұғымдарына қатысты айқындықты қалыптастыратындықтан, мұғалімдерге көмектесетін жоғары сапалы оқу материалдарына қажеттілік туындайды. Сондай-ақ «жасыл» химия мазмұнын жасау үшін жұмыс істейтін ұйымдар бар және бұл материалдар жалпыға қолжетімді [24]. Бұл материалдар «жасыл» және тұрақты химия тұрғысынан химияның нақты және дәстүрлі тұжырымдамаларын оқыту тұрғысынан емес, қолданыстағы оқу бағдарламасын толықтыру тұрғысынан азды-көпті әзірленеді деп саналады. Дәл осы типтегі материалдар дамуды қажет етеді және бұл материалдар оқытушылар үшін кең және оңай қол жетімді болуы керек.

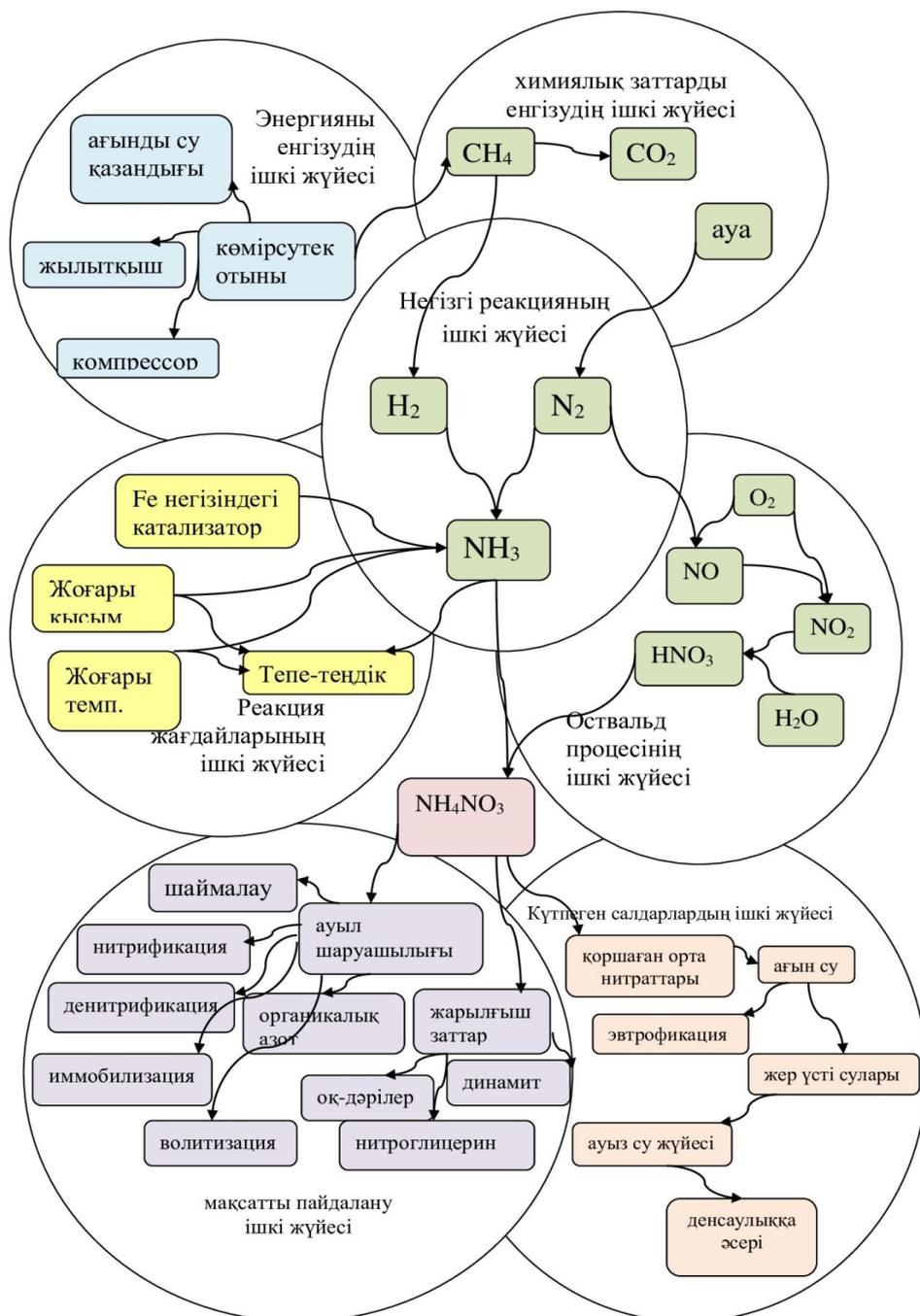
Бұрын жасыл және тұрақты химия және жүйелік ойлау саласында білім алмаған оқытушылар бұл ұғымдарды сыныпта оңай қабылдайды деп күту ақылға қонымсыз. Демек, оқу процесіне жасыл және тұрақты химияны сәтті енгізу үшін мұғалімдердің әлеуетін арттыру және қолдау қажет. Нұсқаушыларды даярлау семинарлары және тәлімгерлер желісін құру сияқты кәсіби дамудың әртүрлі формалары педагогтердің болашақ дамуына ықпал етеді. Жасыл және тұрақты химияны енгізу үшін тәжірибесі бар оқытушыларды қолдау желісін және оқу жоспарындағы ұқсас өзгерістерге ұмтылатын тәжірибелі тәлімгерлер тобын құру керек.

Оқушылардың білімін бағалаудың және «жасыл» және тұрақты химияны тұжырымдамалық түсінудің оқу мақсаттары мен соған байланысты әдістемелері шектеулі болғандықтан және қазіргі уақытта химия бойынша білім беруде жүйелі ойлау үшін жоқ болғандықтан, оларды құру бірінші кезектегі міндет болуы керек. Жасыл және тұрақты химия, жүйелік ойлау тұжырымдамаларын қамтитын негізгі тұжырымдамалардың мазмұндық карталарын әзірлеу аяқталғаннан кейін және химия емтихандарына тиісті сұрақтар қосылуы мүмкін деп күтілсе де, бағалаудың қосымша тәсілдері қажет болуы мүмкін. Бұл қосымша жұмысты қажет ететін сала екені анық.

Оқу бағдарламасын қайта қарау, білім беру ресурстарын басқару, әлеуетті арттыру және бағалау бір-бірімен байланысты болса да, қалған үш саланың сәтті дамуы үшін алдымен «жасыл химия» және

химиядағы жүйелік ойлауға арналған оқу бағдарламасының мазмұнын нақтылау қажет, ал қалған әзірлемелер қатар жүргізілетін болады.

Кейбір еуропалық елдердегі жоғары деңгейлі орта мектептегі химия курстары және Солтүстік Америкадағы және кейбір басқа елдердегі бірінші курстан кейінгі жалпы химия курстары тұрақтылықтың молекулалық негіздері туралы білім беруде орталық рөл атқаруы мүмкін. Олар болашақ химиктермен де, химияның кейбір іргелі білімін талап ететін STEM мансаптарының кең ауқымына кірісетін студенттердің басым көпшілігімен де тұрады. Дегенмен, бұл үшін олар қайта бағдарлауды қажет етеді. Хабер-Боштың химия процесінің жалпы ауқымын талдай отырып, біз қазіргі тәжірибені және жүйелік ойлау химия біліміне жер мен әлеуметтік жүйелердің тұрақтылығын жақсырақ ескеруге көмектесетін осындай қайта бағдарлауды қамтамасыз етудің кейбір жолдарын көрсетеміз (4-сурет).



4-сурет. Жүйеге бағытталған тұжырымдамалық кеңейту картасы Хабер-Боштың негізгі реакциясының кейбір сәйкес ішкі жүйелерін көрсететін жүйеге бағытталған тұжырымдамалық карта $N_2(g)+3H_2(g)$ кат. $2NH_3(g)$

Хабер-Бош процесі жалпы химия бойынша барлық оқулықтарда айтылады. Алайда, азоттың химиялық белсенді қосылыстарының планетарлық циклдерінде орталық рөл атқаратын бұл реакцияның типтік жарықтандыруы химиялық реакциялар мен процестердің сипаттамалық химияның аспектілерін, іргелі ұғымдарды, принциптерді немесе математикалық есептеулерді көрсетуге арналған оқшауланған фактілер ретінде көрінуін көрсетеді. Әдеттегі оқулықтарға бейресми шолу көбінесе реакция термохимия бөлімінде немесе тарауда сипатталатынын, содан кейін тепе-теңдікті есептеуге қатысты математикалық немесе тұжырымдамалық сұрақтар жиі кездесетінін көрсетеді.

Катализатордың маңыздылығы кейде кинетикаға арналған тарауда немесе бөлімде айтылады. Фриц Хаберге арналған фотосурет немесе бүйірлік такта оның химия бойынша Нобель сыйлығын алуына сілтеме жасайтын тақырыппен бірге қосылуы мүмкін. Аммиактан алынған қосылыстардың кез келген сипаттамасын, егер олардың шығу тегі туралы айтылса, негізгі топ элементтерінің сипаттамалық химиясына арналған тарауда табуға болады.

Жүйелік ойлау жалпы химия мұғалімдеріне осы химиялық реакцияны азотты қосылыстардың планетарлық циклдарымен қалай байланыстыруға болатындығын зерттеуге және химияның негізгі тұжырымдамаларын жарықтандыруды планетарлық шекаралар тұжырымдамасы және БҰҰ-ның тұрақты даму мақсаттары сияқты Тұрақты даму бағдарламаларын талқылауға қосуға көмектесетін негіздер мен құралдарды ұсынады. Бұл реакцияның әдеттегі көрінісінің шекараларын кеңейту арқылы оқушылар жүйелік ойлауды қолданумен танысады және тұрақтылықтың молекулалық негізінің мәні мен маңыздылығының жақсы үлгісін алады.

Қазіргі жер халқының 40 %-дан астамы Хабер-Бош технологиясынан алынған азотты тыңайтқыштармен өсірілген азық-түліксіз бұл жерде болмас еді деп есептеледі. Дегенмен, жасыл химия принциптерін пайдалана отырып, жүйелі талдау ауылшаруашылық жерлеріне тыңайтқыш ретінде қолданылатын азоттың жартысынан көбі өсімдіктер мен жануарлардың өсуі үшін молекулалық құрылыс блоктарын қамтамасыз ету үшін мақсатына сай пайдаланылмайтынын көрсетеді. Сонымен қатар, азық-түлікке деген әлемдік сұранысты қанағаттандыру үшін 2050 жылға дейін ауыл шаруашылығы өнімін өндіру 60-100 %-ға ұлғаюы тиіс, бұл тіркелген азотты өндіруге үлкен қосымша талаптар қояды.

Хабер-Бош реакциясының қарапайым теңдеуін кішірейту арқылы кейбір сәйкес жүйелерді іс жүзінде визуализациялау үшін тұжырымдамалық картасының балама жүйеге бағытталған кеңейтімдерін жасадық. 4-суретте химиялық заттарды енгізуге, энергия шығындарына, реакция жағдайларына, аммоний нитратына әкелетін Оствальд процесі сияқты нәтижелерге және аммиактан алынған азотты қосылыстарды ауыл шаруашылығы мен оқ-дәрілерде қолдануға бағытталған негізгі реакция жүйесінен тыс жаңа түйіндер немесе ішкі жүйелер, сондай-ақ, аммиакты шамадан тыс қолдану нәтижесінде пайда болатын күтпеген салдарлар көрсетілген (1-кесте). Тұжырымдамалық картаны жүйеге бағытталған кеңейтілген визуализацияның мақсаты химиялық реакция жер және қоғамдық жүйелермен қалай байланысты екендігі туралы сұрақтарды ынталандыру.

Химия курсы оқу үшін жүйеге бағытталған тұжырымдамалық картаны кеңейтуде анықталған ішкі жүйелерді таңдау оқушылардың оқу қажеттіліктерін қанағаттандыру үшін жасалған оқу нәтижелерімен анықталуы мүмкін.

Жүйелік ойлау сонымен қатар оқушыларға қоғаммен байланысқан химиядағы жаңа бағыттардың тұрақты даму мәселелерін шешуге ықпал ету жолдарын зерттеуге көмектесе алады.

1 - кесте

Хабер-Бош процесі мен жасыл химия принциптерінің байланысы

Сипаттамасы	Жасыл химия принципі
Аммиак тыңайтқыштары дақыл өнімділігін арттырады	№ 11 принцип: Реакция тиімділігін арттыру
Температураны төмендетіп, реакцияны тездетеді	№ 9 принцип: Катализді қолдану
Процесс жанама өнімдер шығармайды	№ 1 принцип: Қалдықтың алдын алу
H_2 су электролизі арқылы өндірілсе — жаңғыртылатын аммиак алуға болады	№ 7 принцип: Жаңғыртылатын шикізатты қолдану

Мұғалімдерге арналған сауалнама сұрақтары (жабық және ашық):

I. Жабық сұрақтар (Лайкерт шкаласы — 1-ден 5-ке дейін):

1. Тұжырымдамалық карта Хабер-Бош процесін түсіндіруде пайдалы болды.
2. Жүйелік ойлау тәсілі оқушылардың химиялық және әлеуметтік процестер арасындағы байланысты түсінуіне көмектесті.
3. Сабақ барысында оқушылардың қызығушылығы артты.
4. Визуализацияны болашақта да қолданғым келеді.
5. Уақыт жағынан бұл тәсіл тиімді болды.

Ашық сұрақтар:

6. Тұжырымдамалық картаны пайдалану кезінде қандай қиындықтар кездестірдіңіз?
7. Оқушылардың қандай реакциясын байқадыңыз?
8. Бұл тәсіл бойынша қандай жетілдіру ұсыныр едіңіз?

II. Оқушыларға арналған тест сұрақтары (білім және жүйелік ойлау дағдылары):

Білімді тексеру сұрақтары:

1. Хабер-Бош реакциясының теңдеуін жазыңыз.
2. Реакция қандай жағдайларда жүреді?
3. Аммиак қандай салаларда қолданылады?

Жүйелік ойлауды тексеру сұрақтары:

4. Аммиактың шамадан тыс қолданылуы қандай экологиялық мәселелерге алып келуі мүмкін?
5. Тыңайтқыштар мен эвтрофикация арасындағы байланысты түсіндіріңіз.
6. Химиялық өндірістің энергетикалық шығындары мен парниктік газдар арасында қандай байланыс бар?

Мұғалімдердің 78 %-ы визуализацияланған тұжырымдамалық картаның сабақ барысын түсіндіруде пайдалы екенін және оқушыларға жүйелер арасындағы байланыстарды жақсырақ түсінуге көмектескенін атап өтті.

65 % мұғалімдер тұжырымдамалық карта аммиак өндірісінің химиялық қана емес, әлеуметтік және экологиялық салдарын талқылауға мүмкіндік бергенін айтты.

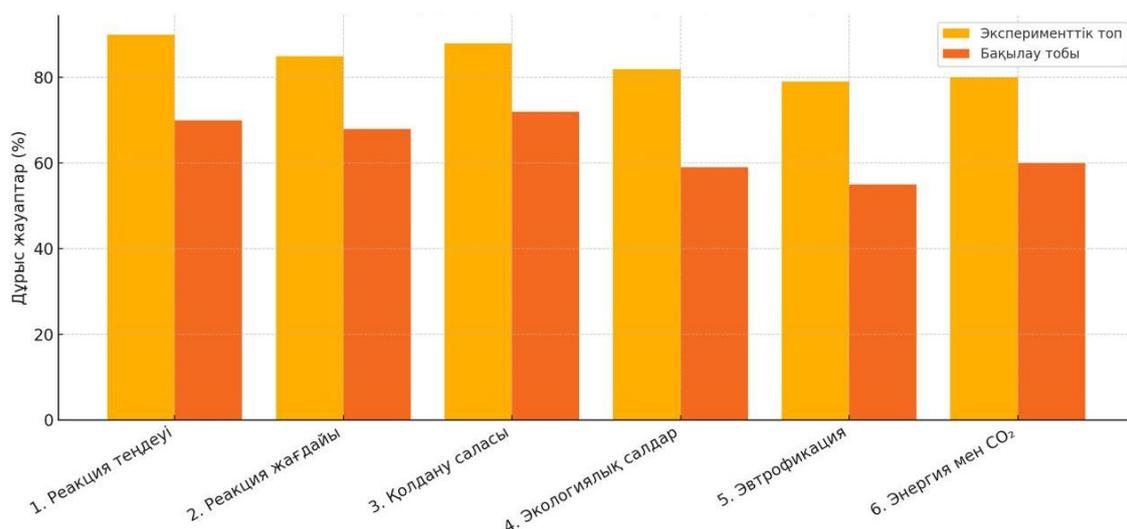
Мұғалімдерге арналған сауалнама нәтижелерін талдау.

Жабық сұрақтардағы (Лайкерт шкаласы) жауаптарды сандық түрде бағаладық (1-ден 5-ке дейінгі шкала бойынша). Әр сұрақ үшін орташа мәндер есептелді (2-кесте):

2 - к е с т е

Сауалнама бойынша мұғалімдердің жауабы

1-сұрақ	«Тұжырымдамалық карта Хабер-Бош процесін түсіндіруде пайдалы болды»	4.6 (көптеген мұғалімдер бұл тәсілді пайдалы деп бағалады)
2-сұрақ	«Жүйелік ойлау тәсілі оқушылардың химиялық және әлеуметтік процестер арасындағы байланысты түсінуіне көмектесті»	4.7 (көптеген мұғалімдер жүйелік ойлау әдісінің тиімді екенін айтты)
3-сұрақ	«Сабақ барысында оқушылардың қызығушылығы артты»	4.3 (оқушылардың қызығушылығының артқаны туралы оң бағалар көп болды)



1-диаграмма. Оқушылардың тест нәтижелерінің салыстырмасы

Оқушылардың тест нәтижелері көрсеткендей, жүйелік байланыстар мен күрделі салдарларды қамтитын сұрақтарға дұрыс жауап беру деңгейі визуализация қолданылған топтарда 20 %-ға жоғары болды (1-диаграмма).

Фокус-топ қатысушылары жүйелік көзқарас пен визуалды құралдарды қолдану оқушылардың ойлау көкжиегін кеңейтіп, химия пәнін тек формулалар жиынтығы емес, нақты өмірмен тығыз байланысты ғылым ретінде қабылдауына ықпал еткенін айтты.

Қорытынды

Тұжырымдамалық карталар оқытуды жақсартуға көмектеседі, бірақ оқу уақыты мен карталардың күрделілігін жеңу үшін қосымша қолдау қажет. Визуализациялар мен жүйелік ойлау әдістері оқушылардың химия мен экология саласындағы білімдерін тереңдетуге ықпал етеді. Бұл талдау нәтижелері тұжырымдамалық карталардың химия сабақтарында жүйелік ойлауды және экологиялық білімді арттыруда маңызды құрал екенін көрсетеді.

Жүйелік ойлау және «жасыл химия» арқылы оқытушылар химияны ғылым ретінде оқыту тәсілін қоғам игілігі үшін өзгерте алады, студенттерді жаһандық мәселелерді шешуге және тұрақты дамуға үлес қосуға дайындай алады. Жүйелік ойлауды біріктіретін оқу бағдарламасы химияның іргелі жан-жақты принциптерін қолдайтын, химияның сыртқы әлеммен қалай әрекеттесетінін терең түсінуді көрсететін және студенттерді күрделі жаһандық мәселелерді түсіну және олармен жұмыс істеу үшін пәнаралық ынтымақтастыққа белсенді түрде тартатын педагогикалық тәсілді талап ете отырып, студенттерге жаңа міндеттер қояды. Мазмұнды және өлшенетін бағалау жоспарларын әзірлеу арқылы оқушылардың үлгерімін бағалау жүйелік ойлау мен «жасыл» және тұрақты химияны химиялық білімге сәтті біріктірудің маңызды құрамдас бөлігі болады. Оқыту мақсаттары химия мен адам мен қоршаған орта жүйелері арасындағы байланыстарды кеңірек және тұтас түсінуді қамтуы керек.

Жүйелік ойлаудың тәсілдері мен құралдары химия бойынша білім беруде әлі кең таралмағандықтан, жүйелік ойлауды оқыту болашақ мұғалімдерге, қазіргі химия мұғалімдеріне және студенттердің өзіндік оқу іс-әрекеттеріне біліктілікті арттыру ретінде қажет. Жүйелік ойлау құралдары мен стратегияларын қолдануды оқыту және бағалау оларды қолдануды химия мазмұнын енгізумен біріктіру арқылы жақсы жүзеге асырылады.

Жасыл және тұрақты химияны мектеп химиясының оқу бағдарламасына біріктіру жолындағы барлық прогресс мақтауға тұрарлық болса да, өзгерістер қарқынын жеделдету қажет деген нақты түсінік бар.

Әдебиеттер тізімі

1 Anastas, P.T., & Zimmerman, J.B. (2018). The United Nations sustainability goals: how can sustainable chemistry contribute? *Curr Opin Green Sustain Chem*, 13, 150–153.

- 2 Abeyrathna, A.W.G.N.M. (2021). Green Education in a University Classroom: Benefits and Challenges. *SSRN Electronic Journal, March*.
- 3 Gupta, J., & Vegelin, C. (2016). Sustainable development goals and inclusive development. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics, 16*(3), 433–448.
- 4 Anastas, P.T. (2007). Introduction: green chemistry. *Chem. Rev., 107*, 2167–2168.
- 5 Zhang, Y. (2017). Discussion on the development of green chemistry and chemical engineering. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 94*, 1, 012136.
- 6 Manahan, S.E. (2006). Green Chemistry and the Ten Commandments of Sustainability. *ChemChar Research, Inc.* Retrieved from <https://www.asdlib.org/onlineArticles/ecourseware/Manahan/GreenChem-2.pdf>.
- 7 Orgill, M.K., York, S., & MacKellar, J. (2019). Introduction to systems thinking for the chemistry education community. *J Chem Educ, 96*, 2720–2729.
- 8 York, S., Lavi, R., Dori, Y.J., & Orgill, M.K. (2019). Applications of systems thinking in STEM education. *J Chem Educ, 96*, 2742–2751.
- 9 Orgill, M.K., York, S., & Mackellar, J. (2019). An introduction to systems thinking for the chemistry education community. *J. Chem. Educ., 96*(12), 2720–2729.
- 10 Brundiers, K., Wiek, A., & Redman, C.L. (2010). Real-world Learning Opportunities in Sustainability: From Classroom Into the Real World. *Intern. J. Sustain. Higher Educ, 11*(4), 308–324.
- 11 Anastasiadis, S. (2020). Teaching Sustainability: Complexity and Compromises. *J. Appl. Res. Higher Educ. 13*(1), 272–286.
- 12 Ivankovich, A. (2017). Review of 12 Principles of Green Chemistry in Practice. *Intern. J. Sustain. Green Energy, 6*(3), 39–48.
- 13 Tarasova, N.P., Dodonova, A.A., & Zanin, A.A. (2020). The Concept of Sustainable Development and the Principles of Green Chemistry as an Integral Part of the Modern Chemical Education System. *American Chemical Society, 137–145*.
- 14 Petillion, R.J., Freeman, T.K., & McNeil, W.S. (2019). United Nations Sustainable Development Goals as a Thematic Framework for an Introductory Chemistry Curriculum. *J. Chem. Educ., 96* (12), 2845–2851.
- 15 Anastas, P. (2021). The Power of the United Nations Sustainable Development Goals in Sustainable Chemistry and Engineering Research. *ACS. Sustain. Chem. Eng., 9* (24), 8015–8017.
- 16 Poliakoff, M., Licence, P., & George, M.W. (2018). UN Sustainable Development Goals: How Can Sustainable/Green Chemistry Contribute? By Doing Things Differently. *Curr. Opin. Green Sustain. Chem, 13*, 146–149.
- 17 York, S. (2019). Applications of Systems Thinking in STEM Education. *J. Chem. Educ., 96* (12), 2742–2751.
- 18 Orgill, M., York, S., & MacKellar, J. (2019). Introduction to Systems Thinking for the Chemistry Education Community. *J. Chem. Educ., 96* (12), 2720–2729.
- 19 Axon, S., & James, D. (2018). The UN Sustainable Development Goals: How Can Sustainable Chemistry Contribute? A View from the Chemical Industry. *Curr. Opin. Green Sustain. Chem, 13*, 140–145.
- 20 Chen, T.L. (2020). Implementation of Green Chemistry Principles in Circular Economy System Towards Sustainable Development Goals: Challenges and Perspectives. *Sci. Total Environ., 716*, 136998.
- 21 Petillion, R.J., Freeman, T.K., & McNeil, W.S. (2019). United Nations Sustainable Development Goals as a Thematic Framework for an Introductory Chemistry Curriculum. *J. Chem. Educ., 96* (12), 2845–2851.
- 22 Anastas, P. (2021). The Power of the United Nations Sustainable Development Goals in Sustainable Chemistry and Engineering Research. *ACS. Sustain. Chem. Eng., 9* (24), 8015–8017.
- 23 Anastas, P.T., & Warner, J.C. (1998). Principles of Green Chemistry. *Green Chem. Theory Practice, 29*.
- 24 Aubrecht, K.B., Bourgeois, M., Brush, E.J., MacKellar, J., & Wissinger, J.E. (2019). Integrating Green Chemistry in the Curriculum: Building Student Skills in Systems Thinking, Safety, and Sustainability. *J. Chem. Educ., 96* (12), 2872–2880.

С.Ж. Сүйірбай

Интеграция принципов зеленой химии в школьном химическом образовании посредством системного мышления

За последние несколько десятилетий «Зеленая химия» заняла видное место в химическом образовании. Однако разработка учебных программ по «зеленой химии» не охватила все уровни образования в равной степени, в основном сосредоточив внимание на факультативных и старших классах. Основываясь на рамках проекта системного мышления Международного союза теоретической и прикладной химии в области химического образования, мы разработали подходы к использованию системного мышления для обучения учащихся молекулярным основам устойчивого развития, чтобы помочь химии внести значимый и наглядный вклад в достижение целей глобальной устойчивости. Мы показываем, как широкий охват процесса синтеза аммиака Хабера-Боша в курсах общей химии может быть расширен за счет использования системного мышления для рассмотрения сложных взаимодействий этого производственного процесса с научными, социальными и экологическими системами. Инстру-

менты системного мышления, такие как расширение концептуальной карты системного мышления, помогают выделить входы и выходы и социальные последствия этого крупномасштабного производственного процесса, включая запланированные и неожиданные изменения в планетарном цикле азотистых соединений. Обсуждаются стратегии использования системного мышления в химическом образовании и решение проблем, которые могут возникнуть перед его учителями и учениками, а также предлагаются рекомендации учителям общей химии, которые используют системное мышление для обучения молекулярным основам устойчивости.

Ключевые слова: зеленая химия, цели устойчивого развития, системное мышление, образование, средняя школа, учебная программа, устойчивая химия, принципы зеленой химии.

S.Zh. Suiirbay

Integration of green chemistry principles into school chemistry education through systems thinking

Over the past few decades, “Green Chemistry” has taken a prominent place in chemical education. However, the development of curricula on “green chemistry” did not cover all levels of education equally, mainly focusing on elective and senior classes. Based on the framework of the Systems Thinking project of the International Union of Theoretical and Applied Chemistry in the field of chemical education, we have developed approaches to using systems thinking to teach students the molecular foundations of sustainable development in order to help chemistry make a meaningful and visible contribution to achieving the goals of global sustainability. We show how the broad scope of the Haber-Bosch ammonia synthesis process in general chemistry courses can be expanded by using systems thinking to consider the complex interactions of this production process with scientific, social and environmental systems. Systems thinking tools, such as the expansion of the conceptual map of systems thinking, help to highlight the inputs and outputs and social consequences of this large-scale production process, including planned and unexpected changes in the planetary cycle of nitrogenous compounds. The strategies of using systems thinking in chemical education and solving problems that may arise for its teachers and students are discussed, as well as recommendations are offered to teachers of general chemistry who use systems thinking to teach the molecular foundations of sustainability.

Keywords: green chemistry, sustainable development goals, systems thinking, education, high school, curriculum, sustainable chemistry, principles of green chemistry.

Information about the author

Suiirbay, S.Zh. — Doctoral student of the educational program “7D01515 — Chemistry”, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan; e-mail: sandu_ktl_97@mail.ru; ORCID ID: 0000-0001-8845-678X