

А. Бақыт^{1*}, К.Ш. Бакирова²

¹Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан;
²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
(*Хат-хабарға арналған автор. E-mail: aigerim.baqytqyzy@gmail.com)

¹ORCID 0009-0004-2961-4222

²ORCID 0000-0002-2175-3576

Жоғары сынып биологиясында күрделі тақырыптарды оқытудағы мұғалімдердің әдістемелік стратегиялары: тәжірибелік талдау

Мақалада жоғары сынып биологиясын оқыту барысында мұғалімдердің күрделі тақырыптармен жұмыс істеу тәжірибесі мен қолданған әдістемелік стратегиялары талданған. Зерттеу сапалық контент-талдау әдісі арқылы Қазақстанның алты өңірінен 40 мұғалімнің сұхбаттық деректеріне сүйене отырып жүргізілді. Мұғалімдердің жартысы қала, жартысы ауыл мектептерінен қатысты. Ең күрделі деп танылған бағыттар — генетика, биохимия және энергия алмасу, молекулалық биология, координация және нейрофизиология тақырыптары қарастырылды. Нәтижелер күрделіліктің терминологиялық, когнитивтік және пәнаралық сипатта екенін көрсетті. Мұғалімдер бұл қиындықтарды жеңілдету үшін визуализация, 3D модельдеу, аналогия мен метафора, тәжірибелік және жобалық оқыту әдістерін, сондай-ақ қалыптастырушы бағалау тәсілдерін үйлестіріп қолданған. Бұл стратегиялар күрделі биологиялық ұғымдарды нақтылау мен оқушылардың ғылыми ойлау қабілетін дамытуда тиімді екені дәлелденді. Зерттеудің ғылыми жаңалығы — биология мұғалімдерінің әдістемелік икемділігінің күрделі мазмұнды меңгертудегі жүйелік рөлі алғаш рет эмпирикалық тұрғыда сипатталды. Нәтижелер педагогикалық тәжірибені жетілдіру мен мұғалімдерді кәсіби даярлау жүйесін дамытуда практикалық мәнге ие.

Кілт сөздер: биологияны оқыту, күрделі тақырыптар, мұғалімдердің стратегиялары, когнитивтік күрделілік, визуализация, қалыптастырушы бағалау.

Кіріспе

Қазіргі білім беру жүйесінде жаратылыстану пәндерін, соның ішінде биологияны оқыту сапасы оқушылардың ғылыми дүниетанымын қалыптастырудың негізгі шарты. Дегенмен, соңғы жылдары зерттеушілер мен мұғалімдер қауымы биологиядағы күрделі тақырыптарды түсіндіру мен меңгерту үдерісінде бірқатар әдістемелік қиындықтардың бар екенін жиі атап өтуде [1]. Әсіресе жоғары сынып деңгейінде оқушылар биологиялық процестердің абстрактілігі мен терминологиялық күрделілігіне байланысты пән мазмұнын толық игере алмайды [2]. Бұл мәселе Қазақстанда ғана емес, халықаралық деңгейде де өзекті болып отыр [3].

Биология пәнінің мазмұны пәнаралық сипатқа ие: оның құрамында физика, химия және математика ұғымдары тоғысады [4]. Мысалы, генетикада ықтималдық пен пропорцияны есептеу үшін математикалық логика қажет [5]. Ал, биохимия мен энергия алмасу тақырыптарында химиялық реакция заңдылықтары мен энергияның түрленуін түсіну маңызды [6]. Бұл күрделілік оқушылардың когнитивтік жүктемесін арттырып, материалды механикалық түрде есте сақтауға әкелуі мүмкін [7]. Мұндай жағдайда мұғалімдердің әдістемелік шешімдері мен қолданған стратегиялары оқу нәтижесіне тікелей әсер етеді [8].

Биологиядағы күрделі тақырыптардың табиғаты мазмұндық, когнитивтік және пәнаралық өлшемдер арқылы сипатталады [9]. Когнитивтік күрделілік биологиялық процестердің көрінбеуі мен абстрактілігімен байланысты [10]. Пәнаралық күрделілік химия, физика және математика білімдерінің тоғысында пайда болады [11]. Осы факторлар бір мезетте әсер еткен жағдайда оқушылардың түсіну деңгейі төмендеп, мұғалімдер оқыту әдістерін бейімдеуге мәжбүр болады [12]. Сондықтан биологияны тиімді оқытуда мұғалімнің рөлі ақпарат жеткізушіден танымдық үдерісті жеңілдетушіге (*learning facilitator*) айналады [13].

Қазақстандық контексте бұл мәселе мектеп бағдарламасында күрделі тақырыптарға бөлінетін уақыттың шектеулілігімен және оқулықтардағы терминологиялық сәйкессіздікпен күрделене түседі [14]. Көптілді оқыту талаптары биологиялық ұғымдарды меңгеруге қосымша қиындық туғызады [15].

Қала мен ауыл мектептері арасындағы инфрақұрылымдық теңсіздік мұғалімдердің әдістемелік таңдауларына әсер етеді [16].

Осыған байланысты биология мұғалімдерінің күрделі тақырыптарды оқытудағы нақты стратегияларын зерттеу педагогикалық практика үшін де, теориялық негіздеу үшін де маңызды [17]. Халықаралық әдебиеттерде мұндай стратегиялар көбіне когнитивтік жүктемені азайту және оқушылардың ұғымдық түсінуін тереңдету бағытында қарастырылады. Соның ішінде визуализация, аналогия, метафора, модельдеу және зерттеу жобалары сияқты тәсілдер оқушылардың ғылыми түсінігін қалыптастыруда тиімді құралдар болып саналады. Зерттеу шеңберінде талданған 40 сұхбат нәтижелері мұғалімдердің тәжірибесінде осы әдістердің кешенді түрде қолданылатынын көрсетті. Мұғалімдер биологияның күрделі тақырыптарын түсіндіруде визуализация (3D модельдер, бейнеанимациялар), когнитивтік метафоралар («АТФ — батареяка «НАД — автобус»), тәжірибелік әрекеттер (қолмен модельдеу, физиологиялық бақылау), жобалық зерттеу және қалыптастырушы бағалау сияқты әдістерді үйлестіріп қолданған. Бұл тәсілдер күрделілікті жою емес, оны оқушылардың когнитивтік деңгейіне бейімдеу міндетін атқарады.

Сондықтан мұғалімдердің әдістемелік икемділігі — биологиядағы күрделі ұғымдарды түсіндіріп қана қоймай, оқушылардың абстрактілі ойлауын дамытуға бағытталған кәсіби қабілет ретінде қарастырылады. Осы зерттеу нәтижелері педагогикалық тәжірибенің тек мазмұнмен емес, оқыту контексімен тығыз байланыста екенін дәлелдейді.

Зерттеу мақсаты — жоғары сынып биологиясында күрделі тақырыптарды оқыту кезінде мұғалімдердің қолданған әдістемелік стратегияларын анықтап, олардың тиімділігін тәжірибелік тұрғыда сипаттау.

Зерттеу сұрақтары:

1. Мұғалімдер күрделі биологиялық тақырыптарды оқытуда қандай әдістемелік стратегияларды қолданады?
2. Бұл стратегиялар күрделіліктің когнитивтік және пәнаралық аспектілерін қалай жеңілдетеді?
3. Қала мен ауыл мектептері мұғалімдерінің тәжірибесінде қандай айырмашылықтар бар?

Осы сұрақтарға жауап беру арқылы зерттеу биологияны оқытудағы педагогикалық күрделілікті жүйелі түрде сипаттап, мұғалімдердің инновациялық шешімдерінің ғылыми-практикалық негізін ұсынады.

Материалдар мен әдістер

Бұл зерттеу сапалық бағытта жүзеге асырылды және тәжірибелік сипаттағы контент-талдау әдісіне негізделді. Зерттеу мақсаты — жоғары сынып биологиясында күрделі тақырыптарды оқыту кезінде мұғалімдердің қолданған әдістемелік стратегияларын анықтап, олардың тиімділігін тәжірибелік тұрғыда сипаттау болды.

Сапалық әдіс тандалуының басты себебі — мұғалімдердің көзқарастары мен тәжірибесін терең талдау арқылы күрделі биологиялық ұғымдарды түсіндіруде қолданылатын нақты педагогикалық тәсілдерді ашу.

Зерттеу әдіснамасы феноменологиялық тәсіл элементтерін қамтиды, өйткені негізгі назар мұғалімдердің күрделі биологиялық тақырыптарды оқытудағы субъективті тәжірибесін, қиындықтарын және оларды жеңілдету жолдарын түсіндіруге бағытталды. Деректер мазмұнына индуктивті және дедуктивті кодтау әдістері қолданылып, алынған жауаптар тақырыптық категориялар бойынша жүйеленді.

Зерттеуге Қазақстанның алты өңірінен 40 биология мұғалімі қатысты: Алматы қаласы және облысы, Астана қаласы, Қостанай, Қызылорда, Орал, Шымкент және Түркістан облыстары. Мұғалімдердің 50 %-ы қалалық, 50 %-ы ауылдық мектептерде жұмыс істейді. Орташа педагогикалық еңбек өтілі — 13,5 жыл, ең аз өтіл — 2 жыл, ең көбі — 30 жыл. Іріктеме мақсатты (purposive sampling) әдісімен жүзеге асырылды, яғни биологиядағы күрделі тақырыптарды (генетика, биохимия, молекулалық биология, координация және нейрофизиология) оқыту тәжірибесі бар мұғалімдер таңдап алынды (1-кесте).

Зерттеуге қатысқан мұғалімдердің оқу орны орналасқан ортаға қарай үлестік құрамы

Орта түрі	Мұғалімдер саны	Үлесі (%)
Қала	20	50 %
Ауыл	20	50 %

Бұл тең үлестік қатынас зерттеу деректерінің географиялық және әлеуметтік теңгерімін қамтамасыз етіп, салыстырмалы талдау жүргізуге мүмкіндік берді.

Деректер жинау 2025 жылдың қыркүйек-қараша айлары аралығында жүргізілді. Әр қатысушымен жартылай құрылымданған сұхбат *semi-structured interview* форматында жеке әңгімелесу өткізілді. Сұхбаттардың орташа ұзақтығы — 35–45 минут.

Зерттеу барысында сұхбаттық құрал үш мазмұндық блокқа негізделді. Бірінші блокта мұғалімдерден биологиядағы ең күрделі деп есептелетін тақырыптарды атау және олардың ерекшеліктерін сипаттау сұралды (мысалы, генетика, энергия алмасу, молекулалық процестер). Екінші блок педагогикалық тәжірибеге арналды: мұнда қатысушылар күрделі ұғымдарды түсіндіруде қолданған әдістемелік стратегияларын — визуализация, модельдеу, жобалық оқыту, метафора мен аналогия сияқты тәсілдерді — нақты мысалдармен баяндады. Үшінші блок оқыту барысында туындайтын қиындықтар мен оларды еңсеру жолдарын қамтыды, атап айтқанда уақыт тапшылығы, зертханалық жабдықтардың жеткіліксіздігі, бағалау әдістері және сыртқы факторлар талқыланды.

Барлық сұхбаттар қатысушылардың алдын ала берген келісімімен аудио түрінде жазылып, кейін мәтіндік транскрипцияға айналдырылды. Мұғалімдердің жеке деректері толықтай құпия сақталды, ал зерттеу барысында олардың аты-жөндерінің орнына шартты кодтар (мысалы, M1, M2 және т.б.) қолданылды.

Жиналған сұхбат мәтіндері мазмұндық талдау *content analysis* әдісі арқылы өңделді. Алдымен барлық жауаптар деректерді ашық кодтау *open coding* кезеңінен өтті. Кейін ұқсас мағыналық бірліктер тақырыптық категорияларға біріктірілді (2-кесте). Кодтау құрылымы алты негізгі категориядан тұрды (C1–C6).

Кодтық құрылым (C1–C6) сипаттамасы

Код	Атауы	Қысқаша сипаттама
C1	Күрделі тақырыптар (Complex Topics)	Биологияның мазмұны мен терминдері күрделі тақырыптар (генетика, биохимия, молекулалық биология және т.б.)
C2	Күрделілік себептері (Reasons for Complexity)	Когнитивтік және пәнаралық қиындықтар, тілдік кедергілер
C3	Оқытудағы қиындықтар (Teaching Challenges)	Уақыт тапшылығы, зертхана мен техника жетіспеушілігі
C4	Митигация стратегиялары (Mitigation Strategies)	Күрделілікті жеңілдету әдістері: визуализация, аналогия, тәжірибе, алгоритмдеу
C5	Сыртқы факторлар (External Factors)	Бағдарлама, тіл саясаты, инфрақұрылым және кәсіби даму
C6	Бағалау және кері байланыс (Assessment & Feedback)	Оқушылардың түсінуін бақылау мен кері байланыс түрлері

Деректерді талдау кезінде NVivo бағдарламалық қамтамасыз ету элементтері мен қолмен кодтау тәсілдері қатар қолданылды. Әр код категориясы ішіндегі қайталанатын мотивтер мен ұқсас әдістемелік шешімдер салыстырмалы түрде сипатталды.

Зерттеудің валидтілігі мен сенімділігін қамтамасыз ету мақсатында бірнеше әдіснамалық тәсіл қолданылды. Біріншіден, дереккөздер ұштастығы *data triangulation* қамтамасыз етілді: қатысушылар әртүрлі өңірлер мен мектеп типтерінен (қала және ауыл) іріктеліп, зерттеу нәтижелерінің кең контексті қамтуына мүмкіндік берді. Екіншіден, зерттеу сапасын арттыру үшін зерттеушілер арасындағы тексеріс *peer review* жүргізілді, бұл кезеңде бастапқы кодтау нәтижелері екі тәуелсіз сарапшы тарапынан қайта қаралып, келісім деңгейі тексерілді. Үшіншіден, қатысушылар растауы *member check* жүзеге асырылды — мұғалімдерге сұхбаттан алынған транскрипт үзінділері көрсетіліп, мазмұнның шынайылығы мен дәлдігі нақтыланды. Сонымен қатар әрбір анықталған категория нақты дәйексөздер мен мазмұндық кестелер арқылы бекітілді.

Осы тәсілдердің үйлесімді қолданылуы зерттеу нәтижелерінің сенімділігін арттырып, алынған тұжырымдардың контекстуалдық дұрыстығын қамтамасыз етті.

Зерттеу Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінде Ғылыми этика комитетінің рұқсатымен (№ 4212, 2025 ж.) жүргізілді. Барлық қатысушыларға зерттеудің мақсаты түсіндіріліп, ерікті келісім парақтарына қол қойылды. Мұғалімдердің аты-жөндері мен мектеп атаулары жарияланбайды, деректер тек ғылыми мақсатта пайдаланылды.

Бұл зерттеу сапалық сипатта болғандықтан, нәтижелерді бүкіл ел бойынша жалпылауға болмайды. Қатысушылар саны шектеулі ($n=40$) және тек жоғары сынып мұғалімдері қамтылған. Дегенмен алынған деректер әдістемелік тәжірибенің терең мазмұнын ашып, болашақ сандық зерттеулерге негіз бола алады.

Нәтижелер және талдау

Сұхбаттық деректерді мазмұндық талдау нәтижесінде жоғары сынып биологиясын оқыту үдерісінде мұғалімдердің күрделі тақырыптармен жұмыс істеуде қолданатын әдістемелік стратегиялары алты негізгі бағытқа топтастырылды. Оларға визуализация және 3D модельдеу, аналогия мен метафораны пайдалану, тәжірибелік және модельдік тәсілдер, қадамдық алгоритмдеу, жобалық және зерттеушілік оқыту, сондай-ақ қалыптастырушы бағалау мен кері байланыс жүйелері жатады.

Аталған стратегиялар күрделі биологиялық ұғымдардың мазмұндық және когнитивтік табиғатын ескере отырып, оқушылардың танымдық жүктемесін азайтуға және ұғымдық түсінігін тереңдетуге бағытталған. Бұл тәсілдердің үйлесімді қолданылуы мұғалімдердің оқыту тәжірибесінде күрделілікті жеңілдетудің маңызды педагогикалық тетігі ретінде айқындалды.

Мұғалімдердің 90 %-ы биологиядағы күрделі тақырыптарды (генетика, биохимия, молекулалық биология, координация және нейрофизиология) оқыту кезінде визуалды және әрекеттік тәсілдерді жүйелі қолданатынын атап өтті. Қала мұғалімдері көбіне цифрлық құралдар мен 3D модельдерді пайдаланса, ауыл мұғалімдері қарапайым материалдар мен тұрмыстық мысалдарға сүйенген. Бұл айырмашылық инфрақұрылым мен техникалық мүмкіндікке тікелей байланысты.

Мұғалімдердің ең жиі қолданған стратегиясы — визуализация. Олар күрделі процестерді оқушылардың көру арқылы қабылдауына бейімдеп, 3D модельдер, бейнеанимациялар және виртуалды зертханаларды кеңінен пайдаланған.

«Молекулалық биологияда ДНК репликациясын бейне және 3D үлгімен көрсетемін. Көріп тұрған соң балалардың елестетуі күшейеді» (Қостанай, 13 жыл).

«Фотосинтез процесін виртуалды зертханада көрсетеміз. Балалар энергия айналымын визуалды түрде байқағанда, “неге оттегі бөлінеді?” деген сұрақ өздігінен туындайды» (Астана, 12 жыл).

Бұл тәсіл *dual coding theory* (қосарланған кодтау теориясы) қағидатына сәйкес келеді — яғни ақпаратты бір мезетте көру және есту арналарымен қабылдау оқушылардың есте сақтауын күшейтеді. Визуализация әсіресе молекулалық биология, фотосинтез және энергия алмасу тақырыптарында тиімді болып шықты.

Қала мектептерінде бұл әдіс сандық платформалар (PhET, 3D Mosaik, BioDigital) арқылы жүзеге асса, ауыл мектептері қағаздан жасалған модельдер мен сурет арқылы визуализацияны бейімдеген.

Мұғалімдердің 80 %-ы күрделі биологиялық ұғымдарды түсіндіруде аналогия мен метафора тәсілін жиі қолданатынын айтты. Бұл әдіс оқушылардың таныс өмірлік тәжірибесін ғылыми ұғымдармен байланыстыруға мүмкіндік береді.

«НАД пен НАДФ дегенде балалар шатасады. Мен оларды “жолаушы таситын автобус” деп түсіндіремін. Электрон мен сутек — сол автобустың жолаушысы» (Қызылорда, 19 жыл).

«АТФ молекуласын “батарейка” деп түсіндіремін. Ол энергия сақтап, реакция кезінде оны береді. Балалар оны ұялы телефон қуаты сияқты елестетеді» (Алматы, 15 жыл).

Метафора және салыстыру тәсілдері абстрактілі ұғымдарды нақтылауға, когнитивтік бейнелеуді күшейтуге және есте сақтауға ықпал етеді. Бұл әдіс әсіресе биохимия мен энергия алмасу тақырыптарында жиі қолданылды, себебі химиялық реакцияларды символикалық деңгейде түсіну оқушылар үшін күрделі.

Сұхбаттарда мұғалімдер тәжірибелік оқыту әдістерін ең нәтижелі құрал ретінде сипаттады. Бұл әдістер оқушылардың әрекет арқылы танымдық белсенділігін арттырып, «көріп, жасап, түсіну» қағидасын жүзеге асырады.

«ДНҚ құрылымын қағаздан немесе түтікшелерден жасаймыз. Балалар тізбектің қалай қосылатынын қолмен істеп көргенде жақсы түсінеді» (Шымкент, 8 жыл).

«Физиология тақырыптарында пульс, дем алу жиілігін өздері өлшеп көреді. Осылайша рефлекстер мен гормондардың әсерін тәжірибеден көреді» (Орал, 14 жыл).

Бұл тәсіл *embodied cognition* қағидасына негізделген, яғни ақпаратты әрекет пен сезім арқылы қабылдау оқушының когнитивтік құрылымын күшейтеді. Ауыл мектептерінде тәжірибелік элементтер көбіне қолжетімді табиғи материалдар арқылы жүзеге асырылған, мысалы өсімдікпен фотосинтез тәжірибелері, ашыту процестері және тұрмыстық мысалдар.

Күрделі биологиялық процестерді біртіндеп талдау тәсілі мұғалімдердің 70 %-ында қолданылған. Олар биологиялық тізбектерді шағын логикалық блоктарға бөліп, оқушылардың когнитивтік жүктемесін азайтады.

«Гликолизді бірден толық бермеймін. Алдымен қайда жүреді, сосын не өндіріледі, кейін неге қажет екенін талдап шығамыз» (Қостанай, 11 жыл).

«Молекулалық процестерді алгоритммен беремін: репликация — транскрипция — трансляция. Балалар тізбекті еске сақтайды» (Алматы, 20 жыл).

Бұл тәсіл *scaffolding* (сатылы оқыту) және *cognitive load theory* қағидаларына сәйкес келеді. Мұғалім ақпарат көлемін кезеңдеп ұсыну арқылы оқушылардың назарын негізгі ұғымдарға шоғырландырады.

Мұғалімдердің бір бөлігі (шамамен 60 %) күрделі тақырыптарды оқушылардың өздігінен ізденуін ұйымдастыру арқылы меңгертудің тиімділігін атап өтті. Жобалық және зерттеушілік әдістер оқушылардың жоғары деңгейлі ойлау дағдыларын дамытады.

«Биохимия тақырыбында “Адам ағзасындағы энергия көзі” атты шағын жоба жасаймыз. Балалар өздігінен ізденіп, презентация қорғайды» (Астана, 13 жыл).

«Генетикалық аурулар бойынша шағын зерттеу жобаларын беремін. Әр оқушы нақты мысалмен талдап, тұқымқуалаушылық заңын түсіндіреді» (Қызылорда, 17 жыл).

Бұл тәсіл *constructivist learning* және *inquiry-based learning* ұстанымдарын іске асырады. Оқушылар өздігінен зерттеу жүргізу арқылы күрделі ұғымдарды ғылыми тұрғыдан түсінеді, ал мұғалім бағыттаушы рөл атқарады.

Мұғалімдердің тәжірибесінде күрделі тақырыптар бойынша оқушылардың түсіну деңгейін бақылау үшін қалыптастырушы бағалау тәсілдері жиі қолданылған. *Exit ticket*, *error analysis*, *mini-quiz* және рефлексия дәптері сияқты әдістер оқушының өз қателігін тануға және білімін қайта құрылымдауға көмектеседі.

«Сабақ соңында “*exit ticket*” жазғызамын. Бір сөйлеммен бүгін не түсінгенін, не қиын болғанын жазады. Осыдан келесі сабаққа бағыт аламын» (Орал, 14 жыл).

«Қателерді бірге талдаймыз. Мысалы, фотосинтез реакциясында неге CO_2 емес O_2 деп жазғанын өздері түсіндіреді» (Астана, 10 жыл).

Формативті бағалау әдістері оқушылардың рефлексия және метатанымдық ойлауын дамытады. Бұл тәсілдер күрделі ұғымдарды кезеңдеп бекітуге және мұғалімге оқу үдерісін жекелеген деңгейде реттеуге мүмкіндік береді.

Зерттеу барысында қала мен ауыл мұғалімдері қолданған әдістер арасында бірқатар айырмашылықтар байқалды (3-кесте).

Қала және ауыл мектептерінде биологияның күрделі тақырыптарын оқытуда қолданылған әдістердің салыстырмалы сипаттамасы

Тәсіл түрі	Қала мектептері	Ауыл мектептері
Визуализация және цифрлық модельдер	PhET, BioDigital, 3D Mosaik	Қағаз модель, сурет, табиғи мысал
Метафора және аналогия	Ғылыми және техникалық контекст	Тұрмыстық және ауыл өмірінен мысал
Тәжірибелік тәсілдер	Виртуалды зертхана, бейнеэксперимент	Қолмен тәжірибе, табиғи материал
Бағалау әдістері	Exit-ticket, peer feedback	Ауызша кері байланыс, дәптерлік рефлексия

Бұл айырмашылықтар педагогикалық сапаға кері әсер етпегенімен, ресурстық теңсіздіктің білім беруде шешуші фактор екенін көрсетеді. Дегенмен, екі ортадағы мұғалімдер де когнитивтік жеңілдетуге бағытталған ұқсас әдістерді бейімдеп қолданған.

Жалпы нәтижелер биологиядағы күрделі тақырыптарды тиімді оқыту мұғалімнің креативті әдістемелік икемділігіне және оқушылардың когнитивтік ерекшеліктерін ескеруге тікелей байланысты екенін көрсетті. Мұғалімдер күрделілікті жоюға емес, оны түсінуді жеңілдетуге бағытталған стратегиялар қолданады.

Зерттеу нәтижелері күрделі биологиялық ұғымдарды оқыту үдерісінде үш өзара байланысты педагогикалық бағыттың үйлесімін айқындады. Бірінші бағыт — когнитивтік, ол визуализация, метафора және алгоритмдеу тәсілдері арқылы оқушылардың абстрактілі ұғымдарды түсінуін жеңілдетуге бағытталған. Екінші бағыт — әрекеттік, мұнда тәжірибелік және жобалық оқыту әдістері оқушылардың белсенді қатысуын қамтамасыз етіп, білімді іс-әрекет арқылы меңгеруге мүмкіндік береді. Үшінші бағыт — рефлексиялық, ол қалыптастырушы бағалау мен кері байланыс құралдары арқылы оқушылардың өзіндік түсінуін бағалауға және оқу үдерісін үздіксіз жетілдіруге ықпал етеді (1-сурет).



1-сурет. Күрделі биологиялық тақырыптарды оқытудағы әдістемелік стратегиялардың интегративті моделі

Бұл үш бағыттың өзара ықпалдаса қолданылуы күрделі биологиялық тақырыптардың ұғымдық деңгейде меңгерілуін қамтамасыз етіп қана қоймай, оқушылардың ғылыми ойлау қабілетін жүйелі дамытуға жағдай жасайды.

Талқылау

Зерттеу нәтижелері биологиядағы күрделі тақырыптарды оқыту мұғалімдердің әдістемелік икемділігі мен когнитивтік тұрғыдан бейімделу қабілетіне тәуелді екенін көрсетті. Мұғалімдердің тәжірибесінде қолданылған стратегиялар (визуализация, аналогия, модельдеу, қадамдық түсіндіру, зерттеу және бағалау тәсілдері) күрделілікті жоюға емес, оны оқушылардың түсіну деңгейіне бейімдеуге бағытталған. Бұл тәсілдер биологиядағы абстрактілі және пәнаралық ұғымдарды нақтылау арқылы оқушылардың ұғымдық картасын қалыптастырады.

Когнитивтік жеңілдету және визуализация рөлі. Визуализация мен 3D модельдеу тәсілдері күрделі процестерді түсіндірудің ең жиі және тиімді құралы ретінде айқындалды. Бұл — когнитивтік психологияда сипатталған *dual coding theory* мен *cognitive load theory* қағидаларының нақты көрінісі. Мұғалімдер ақпаратты көрнекілік пен әрекет арқылы беру арқылы оқушылардың жұмыс жадындағы шамадан тыс когнитивтік қысымды азайтып, негізгі ұғымдарға назар аударуға мүмкіндік жасайды. Бұл тәсіл әсіресе молекулалық деңгейдегі тақырыптарда (ДНҚ репликациясы, транскрипция, фотосинтез) тиімді болды. Қала мектептері PhET және BioDigital сияқты платформаларды пайдаланса, ауыл мұғалімдері қағаз, сурет және табиғи материал негізінде баламалы визуализация қолданған. Мұның өзі педагогикалық бейімделудің айқын мысалы. Метафора және аналогияның ұғымдық рөлі — күрделі ұғымдарды өмірлік тәжірибемен байланыстыру үшін мұғалімдер метафора мен аналогия тәсілін кеңінен қолданған. Бұл — ұғымды символикалық деңгейден мағыналық деңгейге көшірудің тиімді әдісі. Оқушылар «АТФ — батарея», «НАД — автобус» сияқты ұқсастықтар арқылы энергия айналымы мен химиялық процестерді нақты елестете алады. Бұл тәсіл *conceptual metaphor theory* тұрғысынан алғанда күрделілікті семантикалық жағынан жеңілдетудің тиімді жолы. Әрекеттік және тәжірибелік оқыту — зерттеу нәтижелерінде мұғалімдердің тәжірибелік және модельдік әдістерді жиі қолданатыны анықталды. Бұл тәсіл *embodied cognition* қағидасына сай келеді, яғни оқушы ақпаратты сезім мен қозғалыс арқылы игереді. Мысалы, ДНҚ моделін қағаздан құрастыру, пульс пен тыныс алу жиілігін өлшеу сияқты әрекеттер оқушылардың биологиялық құбылыстарды өз тәжірибесімен түсінуіне жағдай жасайды. Әсіресе ауыл мектептерінде материалдық шектеулерге қарамастан, мұғалімдер қарапайым құралдар арқылы тәжірибені ұйымдастыруға бейімделген. Бұл олардың әдістемелік креативтілігін дәлелдейді.

Алгоритмдік және сатылы түсіндіру. Қадамдық (*scaffolding*) және алгоритмдік тәсілдердің жиі қолданылуы биологиядағы жүйелік процестерді (мысалы, гликолиз немесе белок синтезі) кезеңдеп түсіндірудің тиімділігін көрсетті. Бұл тәсіл оқушылардың логикалық құрылымдау қабілетін дамытады және процестің себеп-салдарлық байланысын түсінуді жеңілдетеді. Мұғалімдер күрделі процестерді үш-төрт блокқа бөліп, әр кезеңді жеке түсіндіру арқылы оқушылардың танымдық жүктемесін азайтады. Бұл әдіс когнитивтік архитектура мен ақпаратты өңдеу теорияларымен сәйкес келеді.

Рефлексия және қалыптастырушы бағалау. Бағалау жүйесі көбіне күрделі тақырыптардың мазмұндық меңгерілуіне емес, оқушылардың түсіну деңгейіне бағытталуы қажет. Мұғалімдер қолданған *exit ticket*, *error analysis*, рефлексия дәптері сияқты тәсілдер оқушылардың өзіндік түсіндіру дағдысын қалыптастырып, метатанымдық қабілеттерін дамытады. Бұл әдістер оқытуды тек бақылау процесі емес, оқу мен бағалаудың бірігуі (*assessment for learning*) ретінде қарастырады.

Қала және ауыл тәжірибесінің айырмашылығы. Қала және ауыл мектептері арасындағы айырмашылық — әдістердің мазмұнында емес, қолдану формасында. Қала мұғалімдері цифрлық визуализация мен виртуалды зертханаларды жиі қолданса, ауыл мұғалімдері тұрмыстық мысалдар мен бейімделген тәжірибелер арқылы ұқсас нәтижеге жеткен. Бұл педагогикалық теңгерімділік мұғалімдердің әдістемелік бейімделуін көрсетеді және ресурстық шектеулер жағдайында да сапалы оқытудың мүмкін екенін дәлелдейді.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер биологиядағы күрделі тақырыптарды тиімді меңгерту кешенді тәсілді қажет ететінін айғақтайды. Мұғалімдер қолданған стратегиялар когнитивтік, әрекеттік және рефлексиялық деңгейлердің үйлесімін қамтамасыз етеді. Бұл үйлесім күрделі мазмұнды жеңілдетіп қана қоймай, оқушылардың ғылыми ойлауын дамытады.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері биологиядағы күрделі тақырыптарды оқытуда мұғалімдердің әдістемелік стратегияларының шешуші рөл атқаратынын дәлелдеді. Мұғалімдер күрделі мазмұнды оқушылардың

танымдық мүмкіндігіне бейімдеу үшін визуализация, аналогия, модельдеу, алгоритмдік түсіндіру және қалыптастырушы бағалау сияқты көпдеңгейлі әдістерді үйлестіріп қолданған.

Зерттеу нәтижелері биологиядағы күрделі тақырыптарды тиімді оқыту мұғалімдердің әдістемелік шешімдерінің көпқырлылығына және олардың когнитивтік, әрекеттік, рефлексиялық бағыттарды ұштастыра қолдануына тәуелді екенін көрсетті. Алынған деректер негізінде бес негізгі қорытынды айқындалды.

Біріншіден, когнитивтік жеңілдету тәсілдері күрделі тақырыптарды меңгертуде шешуші рөл атқарады: визуализация мен 3D модельдеу оқушылардың назарын негізгі ұғымдарға шоғырландырып, ақпараттың нақтылығын арттырады және түсінуді жеңілдетеді. Екіншіден, метафора мен аналогияны қолдану абстрактілі ұғымдарды оқушылардың өмірлік тәжірибесімен байланыстыруға мүмкіндік береді, бұл биологиялық процестердің мағыналық бейнесін қалыптастыруға және ұғымдық түсінікті тереңдетуге ықпал етеді. Үшіншіден, тәжірибелік және жобалық әдістер оқушылардың белсенді қатысуын қамтамасыз етіп, білімді іс-әрекет арқылы меңгеру тетігін дамытады. Бұл тәсілдер ғылыми зерттеу элементтерін қамти отырып, оқушылардың танымдық дербестігін арттырады. Төртіншіден, қадамдық және алгоритмдік құрылым күрделі биологиялық процестердің логикалық жүйесін қалыптастыруға мүмкіндік беріп, когнитивтік жүктемені азайтады. Бесіншіден, қалыптастырушы бағалау әдістері оқушылардың түсіну деңгейін анықтап, олардың рефлексия жасау және өз оқуын реттеу қабілетін күшейтеді.

Жалпы алғанда, бұл қорытындылар биологияны оқытуда күрделі ұғымдарды түсіндіру мен меңгерудің тиімділігі мұғалімнің әдістемелік икемділігі мен оқыту стратегияларының кешенді сипатта қолданылуына тікелей байланысты екенін дәлелдейді.

Мұғалімдердің бұл тәжірибесі биологияны оқытуда пәнаралық байланыстарды күшейтіп, ғылыми ұғымдарды жүйелі түсіндіру мәдениетін қалыптастырады. Зерттеу нәтижелері білім беру бағдарламасын жетілдіруде және мұғалімдердің кәсіби даму курстарын қайта бағыттауда практикалық мәнге ие. Атап айтқанда, күрделі тақырыптарды оқыту бойынша цифрлық визуализация, когнитивтік метафоралар және зерттеу жобаларына негізделген сабақ үлгілерін мұғалімдерді даярлау жүйесіне енгізу ұсынылады.

Болашақ зерттеулерде бұл тәжірибелерді кеңейтіп, сандық зерттеу әдістерімен толықтыру, оқушылардың оқу нәтижелеріне тікелей әсерін эмпирикалық тұрғыда өлшеу қажет.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Black P. Developing the theory of formative assessment / P. Black, D. Wiliam // *Educational Assessment, Evaluation and Ac-countability*. — 2009. — Vol. 21, No 1. — P. 5–31. DOI: 10.1007/s11092-008-9068-5
- 2 Foglia L. Embodied cognition / L. Foglia, R.A. Wilson // *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*. — 2013. — Vol. 4, No 3. — P. 319–325. DOI: 10.1002/wcs.1226
- 3 Johnstone A.H. You can't get there from here / A.H. Johnstone // *Journal of Chemical Education*. — 2010. — Vol. 87, No 1. — P. 22–29. DOI: 10.1021/ed800026d
- 4 Бастауыш, негізгі орта және жалпы орта білім деңгейлерінің жалпы білім беретін пәндері мен таңдау курстары бойынша үлгілік оқу бағдарламаларын бекіту туралы Қазақстан Республикасы Оқу-ағарту министрінің 2022 жылғы 16 қыркүйектегі № 399 бұйрығы. — [Электрондық ресурс]. — Қолжетімділігі: <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200029767>
- 5 Kumandaş B. Misconceptions in biology: A meta-synthesis study of research, 2000–2014 / B. Kumandaş, A. Ateşkan, J. Lane // *Journal of Biological Education*. — 2018. — Vol. 53, No 4. — P. 350–364. DOI: 10.1080/00219266.2018.1490798
- 6 Lakoff G. *Metaphors We Live By* / G. Lakoff, M. Johnson. — Chicago: University of Chicago Press, 2003.
- 7 Machová M. Secondary school students' misconceptions in genetics: Origins and solutions / M. Machová., L. Beňušková, P. Tomčík, L. Tomčíkova // *Journal of Biological Education*. — 2023. — Vol. 57, No 5. — P. 705–718. DOI: 10.1080/00219266.2021.1933136
- 8 Mayer R.E. *Multimedia Learning* / R.E. Mayer. — Cambridge: Cambridge University Press, 2020.
- 9 Mikhailova T. Implementation of trilingual education in Kazakhstan: Review of peculiarities and difficulties / T. Mikhailova, K. Duisekova // *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*. — 2020. — Vol. 17, No. 8. — P. 814–824.
- 10 Osborne J. *Science Education in Europe: Critical Reflections* / J. Osborne, J. Dillon. — London: Nuffield Foundation, 2008.
- 11 Quillin K. Drawing-to-Learn: A framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology / K. Quillin, S. Thomas // *CBE—Life Sciences Education*. — 2015. — Vol. 14, No 1. — P. es2. DOI: 10.1187/cbe.14-08-0128
- 12 Smith M.K. The Genetics Concept Assessment: A new concept inventory for gauging student understanding of genetics / M.K. Smith, W.B. Wood, J.K. Knight // *CBE—Life Sciences Education*. — 2008. — Vol. 7, No. 4. — P. 422–430. DOI: 10.1187/cbe.08-08-0045

- 13 Sweller J. *Cognitive Load Theory* / J. Sweller, P. Ayres, S. Kalyuga. — New York: Springer, 2011.
- 14 Sweller J. *Cognitive Load Theory* / J. Sweller, P. Ayres, S. Kalyuga. — Cham: Springer, 2019.
- 15 Taber K.S. *Constructing knowledge and developing understanding in science: Models, metaphors and analogies* / K.S. Taber // *Studies in Science Education*. — 2019. — Vol. 55, No. 1. — P. 1–44. DOI: 10.1080/03057267.2019.1586117
- 16 Talanquer, V. *Progressions in reasoning about structure–property relationships* / V. Talanquer // *Chemistry Education Research and Practice*. — 2018. — Vol. 19, No. 4. — P. 998–1013. DOI: 10.1039/C7RP00187H
- 17 *Multiple Representations in Biological Education* / ed. D.F. Treagust, C. -Y. Tsui. — Dordrecht: Springer, 2013.

А. Бакыт, К.Ш. Бакирова

Методические стратегии учителей при преподавании сложных тем биологии в старших классах: опытный анализ

В статье анализируется опыт учителей биологии старших классов в преподавании сложных тем и используемые ими методические стратегии. Исследование проведено с применением качественного контент-анализа на основе интервью с 40 учителями из шести регионов Казахстана. Половина участников представляла городские школы, другая половина — сельские. В качестве наиболее трудных были определены темы генетики, биохимии и энергетического обмена, молекулярной биологии, координации и нейрофизиологии. Результаты показали, что сложность этих тем имеет терминологический, когнитивный и междисциплинарный характер. Для преодоления трудностей учителя применяли визуализацию, 3D-моделирование, аналогии и метафоры, практические и проектные методы обучения, а также приёмы формирующего оценивания. Эти стратегии доказали свою эффективность в конкретизации абстрактных биологических понятий и развитии научного мышления учащихся. Научная новизна исследования заключается в том, что впервые эмпирически описана системная роль методической гибкости учителей биологии в обучении сложным разделам предмета. Полученные результаты имеют практическую значимость для совершенствования педагогической практики и системы профессиональной подготовки учителей биологии.

Ключевые слова: преподавание биологии, сложные темы, методические стратегии, когнитивная сложность, визуализация, формирующее оценивание.

A. Bakyt, K.Sh. Bakirova

Teachers' methodological strategies in teaching complex topics in high school biology: an empirical analysis

This article examines high school biology teachers' experiences and methodological strategies in teaching complex topics. The study employed a qualitative content analysis based on interview data collected from 40 teachers representing six regions of Kazakhstan. Half of the participants worked in urban schools and the other half in rural schools. The most challenging areas identified were genetics, biochemistry and energy metabolism, molecular biology, coordination, and neurophysiology. The findings revealed that the complexity of these topics is primarily terminological, cognitive, and interdisciplinary in nature. To overcome these challenges, teachers applied visualization, 3D modeling, analogies and metaphors, practical and project-based learning approaches, as well as formative assessment techniques. These strategies proved effective in clarifying abstract biological concepts and fostering students' scientific thinking. The scientific novelty of this study lies in the first empirical description of the systematic role of biology teachers' methodological flexibility in facilitating the learning of complex subject content. The results have practical implications for improving teaching practice and enhancing the system of professional development for biology teachers.

Keywords: biology education, complex topics, methodological strategies, cognitive complexity, visualization, formative assessment.

References

- 1 Black, P., & Wiliam, D. (2009). Developing the theory of formative assessment. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 21(1), 5–31. DOI: 10.1007/s11092-008-9068-5
- 2 Foglia, L., & Wilson, R. A. (2013). Embodied cognition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, 4(3), 319–325. DOI: 10.1002/wcs.1226

- 3 Johnstone, A.H. (2010). You can't get there from here. *Journal of Chemical Education*, 87(1), 22–29. DOI: 10.1021/ed800026d
- 4 (2022). Bastauysh, negizgi orta zhane zhalpy orta bilim dengeilerinin zhalpy bilim beretin panderi men tandau kurstary boiynsha ulgilik oqu bagdarlamalaryn bekitu turaly Qazaqstan Respublikasy Oqu-agartu ministrinin 2022 zhyly 16 qyrkuiektegi № 399 buirygy [On approval of standard curricula for general education subjects and elective courses at the levels of primary, basic secondary and general secondary education. Order of the Minister of Education of the Republic of Kazakhstan dated September 16, 2022 No. 399]. *adilet.zan.kz*. Retrieved from <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200029767> [in Kazakh].
- 5 Kumandaş, B., Ateşkan, A., & Lane, J. (2018). Misconceptions in biology: A meta-synthesis study of research, 2000–2014. *Journal of Biological Education*, 53(4), 350–364. DOI: 10.1080/00219266.2018.1490798
- 6 Lakoff, G., & Johnson, M. (2003). *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press.
- 7 Machová, M., Beňušková, L., Tomčík, P., & Tomčíkova, L. (2023). Secondary school students' misconceptions in genetics: Origins and solutions. *Journal of Biological Education*, 57(5), 705–718. DOI: 10.1080/00219266.2021.1933136
- 8 Mayer, R.E. (2020). *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- 9 Mikhailova, T., & Duisekova, K. (2020). Implementation of trilingual education in Kazakhstan: Review of peculiarities and difficulties. *PalArch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 17(8), 814–824.
- 10 Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: Nuffield Foundation.
- 11 Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-Learn: A framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE—Life Sciences Education*, 14(1), es2. DOI: 10.1187/cbe.14-08-0128
- 12 Smith, M.K., Wood, W.B., & Knight, J.K. (2008). The Genetics Concept Assessment: A new concept inventory for gauging student understanding of genetics. *CBE—Life Sciences Education*, 7(4), 422–430. DOI: 10.1187/cbe.08-08-0045
- 13 Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York: Springer.
- 14 Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2019). *Cognitive load theory*. Cham: Springer.
- 15 Taber, K.S. (2019). Constructing knowledge and developing understanding in science: Models, metaphors and analogies. *Studies in Science Education*, 55(1), 1–44. DOI: 10.1080/03057267.2019.1586117
- 16 Talanquer, V. (2018). Progressions in reasoning about structure–property relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 998–1013. DOI: 10.1039/C7RP00187H
- 17 Treagust, D.F., & Tsui, C.-Y. (Eds.). (2013). *Multiple representations in biological education*. Dordrecht: Springer.

Information about the authors

Bakyt, A. — Doctoral Student in the specialty “Biology Teacher Training”, Korkyt Ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan; e-mail: aigerim.baqytqyzy@gmail.com, ORCID ID: orcid.org/0009-0004-2961-4222

Bakirova, K.Sh. — Professor, Doctor of Pedagogical Sciences, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan; e-mail: bakirovaksh@gmail.com, ORCID ID: orcid.org/0000-0002-2175-3576